

DIALOG(R)File 347:JAPI0
(c) 1999 JPO & JAPI0. All rts. reserv.

04315905 **Image available**
METHOD FOR EXTRACTING SUBJECT

PUB. NO.: 05-307605 [JP 5307605 A]
PUBLISHED: November 19, 1993 (19931119)
INVENTOR(s): ONO SHUJI
APPLICANT(s): FUJI PHOTO FILM CO LTD [000520] (A Japanese Company or
 Corporation), JP (Japan)
APPL. NO.: 04-242458 [JP 92242458]
FILED: September 11, 1992 (19920911)
INTL CLASS: [5] G06F-015/70; G06F-015/70; G06F-015/18
JAPI0 CLASS: 45.4 (INFORMATION PROCESSING -- Computer Applications)
JOURNAL: Section: P, Section No. 1700, Vol. 18, No. 121, Pg. 106,
 February 25, 1994 (19940225)

ABSTRACT

PURPOSE: To precisely extract a candidate of a prescribed subject from an image.

CONSTITUTION: A retrieving neural network part 3 moves the center point of a remarked area with prescribed size to the position of the prescribed subject candidate based upon the movement of an image and the outline/color of the candidate and a remarked area stopping processing part 4 extracts the candidate in accordance with the size/shape of the candidate based upon the center point. It is available to apply reextraction preventing processing to area from which the candidate is extracted or to allow the remarked area to jump from the stopped status of the center point of the remarked area and move the remarked area again. It is also available to prevent the remarked area from being stopped on a position other than the candidate by applying thermal oscillation or an inertial term to an output of a neural network by means of an annealing method.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-307605

(43) 公開日 平成5年(1993)11月19日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G06F 15/70	330	Z 9071-5L		
	460	B 8837-5L		
15/18		8945-5L		

審査請求 未請求 請求項の数45 (全47頁)

(21) 出願番号	特願平4-242458	(71) 出願人	000005201 富士写真フイルム株式会社 神奈川県南足柄市中沼210番地
(22) 出願日	平成4年(1992)9月11日	(72) 発明者	小野 修司 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平3-233213	(74) 代理人	弁理士 柳田 征史 (外1名)
(32) 優先日	平3(1991)9月12日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
(31) 優先権主張番号	特願平3-323342		
(32) 優先日	平3(1991)12月6日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
(31) 優先権主張番号	特願平4-13092		
(32) 優先日	平4(1992)1月28日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

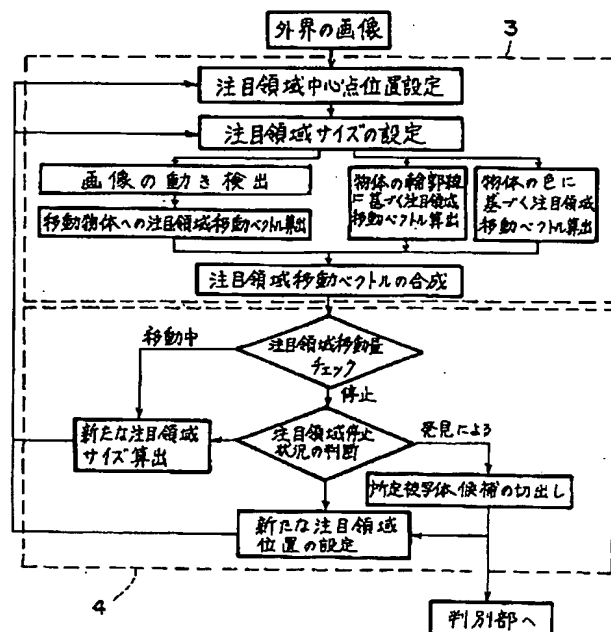
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 被写体抽出方法

(57) 【要約】

【目的】 画像から精度よく所定被写体候補を抽出する。

【構成】 所定の大きさの注目領域の中心点を画像の動き、所定被写体候補の輪郭線および／または色に基づいて所定被写体候補の位置へ移動させ、この中心点を基準として所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて所定被写体候補を抽出する。所定被写体候補が抽出された領域に再抽出防止処理を施してもよく、注目領域中心点が停止した状態から注目領域をジャンプさせ再度注目領域を移動させるようにしてもよい。さらに、アニメーリング法を用いてニューラルネットワークの出力に熱的ゆらぎを加え、あるいは慣性項を加え所定被写体候補以外の位置に注目領域が停止することを防止するようにしてもよい。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像から所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定する被写体抽出方法において、所定の大きさの注目領域の中心点を前記所定被写体候補の位置へ移動させ、前記注目領域の中心点を基準として、前記所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定することにより行うことを特徴とする被写体抽出方法。

【請求項 2】 画像から所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定する被写体抽出方法において、前記画像から所定の大きさを有する注目領域の範囲の画像を切り出し、
該切り出された画像から前記所定被写体候補の所定方向の輪郭線を検出し、
該検出された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた前記輪郭線の成分をすべて抽出し、
該抽出された各成分の前記注目領域中心点に対する方位と強度とを方位ベクトルとして検出し、
該各方位ベクトルを注目領域移動ベクトルとして合成し、
該注目領域移動ベクトルに基づいて前記注目領域の中心点を移動させ、
該移動された注目領域の中心点を基準として、前記所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定することを特徴とする被写体抽出方法。

【請求項 3】 前記所定被写体候補の所定角度傾いた輪郭線の検出を、前記切り出された画像を前記注目領域の中心点を極として複素対数座標変換した後に、前記輪郭線の成分の抽出を、前記複素対数座標変換された画像において検出された輪郭線から前記複素対数座標の円環方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分をすべて抽出することにより行い、
該抽出された各成分の前記複素対数座標上での方位と強度とを検出することにより、前記方位ベクトルを検出することを特徴とする請求項 2 記載の被写体抽出方法。

【請求項 4】 前記輪郭線を検出した後に、該検出された輪郭線のうち、前記所定方向と略同一方向に連続性が高い輪郭線および／または強度が大きい輪郭線を互いに協調させることによって強調するとともに、前記各輪郭線と前記方向に連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線とを互いに競合させることによって該連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線を消去し、
該強調された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた前記輪郭線の成分をすべて抽出するようにしたことを特徴とする請求項 2 または 3 記載の被写体抽出方法。

【請求項 5】 前記方位ベクトルの合成を、前記各方位に所定角度の位相シフトを加えて行うことを特徴とする

請求項 2 から 4 のいずれか 1 項記載の被写体抽出方法。

【請求項 6】 前記方位ベクトルの合成を、前記注目領域の中心点と前記輪郭線の成分との距離に応じて前記方位ベクトルに重みを加えて行うことを特徴とする請求項 2 から 5 のいずれか 1 記載の被写体抽出方法。

【請求項 7】 画像から所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定する被写体抽出方法において、前記画像から所定の大きさを有する注目領域の範囲の画像を切り出し、

10 該切り出された画像から前記所定被写体候補の色と略一致する色の領域を抽出し、
該抽出された各領域の、注目領域の中心点を基準とした方位と距離とを検出し、
該方位と距離とを注目領域移動ベクトルとして検出し、
該注目領域移動ベクトルに基づいて前記注目領域の中心点を移動させ、
該移動された注目領域の中心点を基準として、前記所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定することを特徴とする被写体抽出方法。

20 【請求項 8】 前記領域の抽出、前記方位と距離の検出および前記傾斜ベクトルの検出のうち少なくとも 1 つのステップを複素対数座標上で行なうことを特徴とする請求項 7 記載の被写体抽出方法。

【請求項 9】 前記被写体の色と略一致する色の領域のうち、互いに近接する色との一致度が大きい領域同士を協調させることによって前記色との一致度が大きい領域を強調し、

前記色との一致度が大きい領域と、該領域とは離れた位置にある前記色との一致度が小さい領域との競合によって、前記色との一致度が小さい領域を消去し、
該色との一致度が大きい領域と該領域とは離れた位置にある前記色との一致度が大きい領域とを互いに競合させ、前記色との一致度が大きい領域であって、かつ領域としての大きさや形状がより適当である領域を残し、領域としての大きさや形状がより不適当な領域を消去することによって、前記注目領域の範囲の中で最も適当な領域を、被写体領域として選択し、

該選択された被写体領域の方位と距離とを注目領域の中心点を基準として検出することを特徴とする請求項 7 または 8 記載の被写体色場の傾斜検出方法。

【請求項 10】 前記強調および消去を行うにあたり、前記注目領域の中心点と前記各領域との距離に応じて重みを加えることを特徴とする請求項 7、8 または 9 記載の被写体抽出方法。

【請求項 11】 画像から所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定する被写体抽出方法において、前記画像に、所定の大きさを有する注目領域を設定し、所定の時間差を有する複数の時刻における前記注目領域の範囲の画像を切り出し、該切り出された複数の画像について該各画像中に存在する被写体の輪郭線を検出し、

該輪郭線が検出された前記各画像間の差分を算出し、該算出された差分に基づいて前記注目領域内での面内平行方向の前記画像の動きを検出し、

前記各画像中に存在する被写体の前記注目領域の中心点を中心とする放射方向の輪郭線を検出し、該放射方向の輪郭線が検出された前記各画像間の差分を算出し、該算出された差分に基づいて前記注目領域内での面内回転方向の前記画像の動きを検出し、

前記各画像中に存在する被写体の円環方向の輪郭線を検出し、該円環方向の輪郭線が検出された前記各画像間の差分を算出し、該算出された差分に基づいて前記注目領域内での放射方向の前記画像の動きを検出し、

前記検出された面内平行方向、面内回転方向または放射方向の前記画像の動きに基づいて、前記切り出された前記注目領域の範囲の各画像から背景の動きの成分を補償した複数の画像を作成し、

前記背景の動きの成分が補償された前記複数の画像間の差分を算出することにより、前記背景とは異なる動きをしている物体の輪郭線を検出し、

該検出された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分を全て抽出し、

該抽出された各成分の前記注目領域中心点に対する方位と強度とを方位ベクトルとして検出し、

該各方位ベクトルを注目領域移動ベクトルとして合成し、

該注目領域移動ベクトルに基づいて、前記物体が存在する方向へ前記注目領域の中心点を移動させ、

該移動された注目領域の中心点を基準として、前記物体の大きさおよび／または形状に応じて前記画像から背景に対して動きのある所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定することを特徴とする被写体抽出方法。

【請求項12】 前記各画像中に存在する被写体の前記注目領域の中心点を中心とする放射方向の輪郭線の検出および／または円環方向の輪郭線の検出を、前記切り出された画像を前記注目領域の中心点を極として複素対数座標変換した後に行い、

該複素対数座標変換された画像において検出された輪郭線から前記注目領域内での面内回転方向の前記画像の動きおよび／または放射方向の前記画像の動きを検出することを特徴とする請求項1記載の被写体抽出方法。

【請求項13】 前記物体の輪郭線の検出を、前記背景の動きの成分が補償された前記複数の画像間の差分を示す画像を前記注目領域の中心点を極として複素対数座標変換した後に行い、

前記輪郭線の成分の抽出を、前記複素対数座標変換された画像において検出された輪郭線から前記複素対数座標の円環方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分をすべて抽出することにより行い、

該抽出された各成分の前記複素対数座標上での方位と強

度とを検出することにより、前記方位ベクトルを検出することを特徴とする請求項11または12記載の被写体抽出方法。

【請求項14】 前記輪郭線を検出した後に、該検出された輪郭線のうち、前記所定方向と略同一方向に連続性が高い輪郭線および／または強度が大きい輪郭線を互いに協調させることによって強調するとともに、前記各輪郭線と前記方向に連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線とを互いに競合させることによって該連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線を消去し、

該強調された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた前記輪郭線の成分をすべて抽出するようにしたことを特徴とする請求項11、12または13記載の被写体抽出方法。

【請求項15】 前記方位ベクトルの合成を、前記各方位ベクトルに所定角度の位相シフトを加えて行うことを特徴とする請求項11から14のいずれか1項記載の被写体抽出方法。

【請求項16】 前記方位ベクトルの合成を、前記注目領域の中心点と前記輪郭線の成分との距離に応じて前記方位ベクトルに重みを加えて行うことを特徴とする請求項11から15のいずれか1項記載の被写体抽出方法。

【請求項17】 画像から所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定する被写体抽出方法において、前記画像から所定の大きさを有する注目領域の範囲の第1の画像を切り出し、

該切り出された第1の画像に含まれる物体の輪郭線を検出し、

所定時間経過後、前記画像から前記注目領域の範囲の第2の画像を切り出し、

該切り出された第2の画像に含まれる物体の輪郭線を検出し、

前記第1の画像から検出された前記輪郭線と、前記第2の画像から検出された前記輪郭線との差分を算出し、該算出された差分に基づいて前記背景の動きを検出し、該検出された前記背景の動きを前記画像から差し引いて前記背景とは異なる動きをした物体を検出し、

該物体を前記所定被写体候補と認識し、

該所定被写体候補に向かうベクトルを注目領域移動ベクトルとして検出し、

該注目領域移動ベクトルに基づいて前記注目領域の中心点を移動させ、

該移動された注目領域の中心点を基準として、前記所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定することを特徴とする被写体抽出方法。

【請求項18】 画像から所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定する被写体抽出方法において、前記画像から所定の大きさを有する注目領域の範囲の画像を切り出し、

10

20

30

40

50

該切り出された画像から前記所定被写体候補の所定方向の輪郭線を検出し、
 該検出された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分を全て抽出し、
 該抽出された各成分の前記注目領域中心点に対する方位と強度とを第 1 の方位ベクトルとして検出し、
 該各方位ベクトルを第 1 の移動ベクトルとして合成するとともに、
 前記切り出された画像から前記所定被写体候補の色と略一致する色の領域を抽出し、
 該抽出された各領域の前記注目領域中心点を基準とした方位と距離とを検出し、
 該方位と距離とを第 2 の移動ベクトルとして検出し、
 前記第 1 および第 2 の各移動ベクトルを注目領域移動ベクトルとして合成し、
 該注目領域移動ベクトルに基づいて前記注目領域の中心点を移動させ、
 該移動された注目領域の中心点を基準として、前記所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定することを特徴とする被写体抽出方法。
 【請求項 1 9】 前記所定被写体候補の所定角度傾いた輪郭線の検出および前記所定被写体候補の色と略一致する色の領域の検出を、前記切り出された画像を前記注目領域の中心点を極として複素対数座標変換した後に行い、
 前記輪郭線の成分の抽出を、前記複素対数座標変換された画像において検出された輪郭線から前記複素対数座標の円環方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分をすべて抽出することにより行い、
 該抽出された各成分の前記複素対数座標上での方位と強度とを検出することにより、前記第 1 の方位ベクトルを検出し、前記抽出された各領域の前記複素対数座標上での方位と距離とを検出することを特徴とする請求項 1 8 記載の被写体抽出方法。
 【請求項 2 0】 前記輪郭線を抽出した後に、該検出された輪郭線のうち、前記所定方向と略同一方向に連続性が高い輪郭線および／または強度が大きい輪郭線を互いに協調させることによって強調するとともに、前記各輪郭線と前記方向に連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線とを互いに競合させることによって該連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線を消去し、
 前記被写体の色と略一致する色の領域のうち、互いに近接する色との一致度が大きい領域同士を協調させることによって前記色との一致度が大きい領域を強調し、
 前記色との一致度が大きい領域と、該領域とは離れた位置にある前記色との一致度が小さい領域との競合によって、前記色との一致度が小さい領域を消去し、
 該色との一致度が大きい領域と該領域とは離れた位置に

ある前記色との一致度が大きい領域とを互いに競合させ、前記色との一致度が大きい領域であって、かつ領域としての大きさや形状がより適当である領域を残し、領域としての大きさや形状がより不適当な領域を消去することによって、前記注目領域の範囲の中で最も適当な領域を、被写体領域として選択し、
 該選択された被写体領域の方位と距離とを注目領域の中心点を基準として検出することを特徴とする請求項 1 8 または 1 9 記載の被写体抽出方法。
 【請求項 2 1】 画像から所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定する被写体抽出方法において、
 前記動きのある画像に、所定の大きさを有する注目領域を設定し、所定の時間差を有する複数の時刻における前記注目領域の範囲の画像を切り出し、該切り出された複数の画像の 1 つから前記所定被写体候補の所定方向の輪郭線を検出し、
 該検出された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分を全て抽出し、
 該抽出された各成分の前記注目領域中心点に対する方位と強度とを第 1 の方位ベクトルとして検出し、
 該各方位ベクトルを第 1 の移動ベクトルとして合成し、
 前記切り出された複数の画像について該各画像中に存在する被写体の輪郭線を検出し、該輪郭線が検出された前記各画像間の差分を算出し、該算出された差分に基づいて前記注目領域内での面内平行方向の前記画像の動きを検出し、
 前記各画像中に存在する被写体の前記注目領域の中心点を中心とする放射方向の輪郭線を検出し、該放射方向の輪郭線が検出された前記各画像間の差分を算出し、該算出された差分に基づいて前記注目領域内での面内回転方向の前記画像の動きを検出し、
 前記各画像中に存在する被写体の円環方向の輪郭線を検出し、該円環方向の輪郭線が検出された前記各画像間の差分を算出し、該算出された差分に基づいて前記注目領域内での放射方向の前記画像の動きを検出し、
 前記検出された面内平行方向、面内回転方向または放射方向の前記画像の動きに基づいて、前記切り出された前記注目領域の範囲の各画像から背景の動きの成分を補償した複数の画像を作成し、
 前記背景の動きの成分が補償された前記複数の画像間の差分を算出することにより、前記背景とは異なる動きをしている物体の輪郭線を検出し、
 該検出された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分を全て抽出し、
 該抽出された各成分の前記注目領域中心点に対する方位と強度とを第 2 の方位ベクトルとして検出し、
 該各方位ベクトルを第 2 の移動ベクトルとして合成し、
 前記第 1 および第 2 の各移動ベクトルを注目領域移動ベ

クトルとして合成し、

該注目領域移動ベクトルに基づいて前記注目領域の中心点を移動させ、

該移動された注目領域の中心点を基準として、前記所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定することを特徴とする被写体抽出方法。

【請求項 2 2】 前記各画像中に存在する被写体の前記注目領域の中心点を中心とする放射方向の輪郭線を検出および／または円環方向の輪郭線を検出を、前記切り出された画像を前記注目領域の中心点を極として複素対数座標変換した後に行うとともに、
前記所定被写体候補の所定角度傾いた輪郭線の検出を、前記切り出された画像の 1 つを前記注目領域の中心点を極として複素対数座標変換した後にを行い、
前記背景の動きの成分が補償された画像からの前記輪郭線の成分の抽出および前記切り出された複数の画像の 1 つからの前記輪郭線の成分の抽出を、前記複素対数座標変換された画像において検出された輪郭線から前記複素対数座標の円環方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分をすべて抽出することにより行い、
該抽出された各成分の前記複素対数座標上での方位と強度とを検出することにより前記第 1 および第 2 の方位ベクトルを検出することを特徴とする請求項 2 1 記載の被写体抽出方法。

【請求項 2 3】 前記第 1 および第 2 の方位ベクトルを検出する際の前記輪郭線を検出した後に、該検出された輪郭線のうち、前記所定方向と略同一方向に連続性が高い輪郭線および／または強度が大きい輪郭線を互いに協調させることによって強調するとともに、前記各輪郭線と前記方向に連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線とを互いに競合させることによって該連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線を消去し、
該強調された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた前記輪郭線の成分をすべて抽出するようにし、
前記強調された前記領域の前記注目領域の中心点を基準とした方位を方位ベクトルとして検出することを特徴とする請求項 2 1 または 2 2 記載の被写体抽出方法。

【請求項 2 4】 画像から所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定する被写体抽出方法において、
前記動きのある画像に、所定の大きさを有する注目領域を設定し、所定の時間差を有する複数の時刻における前記注目領域の範囲の画像を切り出し、該切り出された複数の画像の 1 つから前記所定被写体候補の所定方向の輪郭線を検出し、
該検出された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分を全て抽出し、
該抽出された各成分の前記注目領域中心点に対する方位

と強度とを第 1 の方位ベクトルとして検出し、

該各方位ベクトルを第 1 の移動ベクトルとして合成し、
前記切り出された複数の画像について該各画像中に存在する被写体の輪郭線を検出し、該輪郭線が検出された前記各画像間の差分を算出し、該算出された差分に基づいて前記注目領域内での面内平行方向の前記画像の動きを検出し、

前記各画像中に存在する被写体の前記注目領域の中心点を中心とする放射方向の輪郭線を検出し、該放射方向の輪郭線が検出された前記各画像間の差分を算出し、該算出された差分に基づいて前記注目領域内での面内回転方向の前記画像の動きを検出し、

前記各画像中に存在する被写体の円環方向の輪郭線を検出し、該円環方向の輪郭線が検出された前記各画像間の差分を算出し、該算出された差分に基づいて前記注目領域内での放射方向の前記画像の動きを検出し、

前記検出された面内平行方向、面内回転方向または放射方向の前記画像の動きに基づいて、前記切り出された前記注目領域の範囲の各画像から背景の動きの成分を補償した複数の画像を作成し、

前記背景の動きの成分が補償された前記複数の画像間の差分を算出することにより、前記背景とは異なる動きをしている物体の輪郭線を検出し、

該検出された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分を全て抽出し、

該抽出された各成分の前記注目領域中心点に対する方位と強度とを第 2 の方位ベクトルとして検出し、

該各方位ベクトルを第 2 の移動ベクトルとして合成し、

さらに、

前記切り出された複数の画像の 1 つから前記所定被写体候補の色と略一致する色の領域を抽出し、

該抽出された各領域の前記注目領域中心点を基準とした方位と距離とを検出し、

該方位と距離とを第 3 の移動ベクトルとして合成し、

前記第 1、第 2 および第 3 の各移動ベクトルを注目領域移動ベクトルとして合成し、

該注目領域移動ベクトルに基づいて前記注目領域の中心点を移動させ、

該移動された注目領域の中心点を基準として、前記所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定することを特徴とする被写体抽出方法。

【請求項 2 5】 前記各画像中に存在する被写体の前記注目領域の中心点を中心とする放射方向の輪郭線を検出および／または円環方向の輪郭線を検出を、前記切り出された画像を前記注目領域の中心点を極として複素対数座標変換した後に行うとともに、
前記所定被写体候補の所定角度傾いた輪郭線の検出および前記所定被写体候補の色と略一致する領域の検出を、

前記切り出された画像の 1 つを前記注目領域の中心点を

極として複素対数座標変換した後に行い、
前記背景の動きの成分が補償された画像からの前記輪郭線の成分の抽出および前記切り出された複数の画像の 1 つからの前記輪郭線の成分の抽出を、前記複素対数座標変換された画像において検出された輪郭線から前記複素対数座標の円環方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分をすべて抽出することにより行い、
該抽出された各成分の前記複素対数座標上での方位と強度とを検出することにより前記第 1 および第 2 の方位ベクトルを検出し、前記抽出された各領域の前記複素対数座標上での方位と距離とを検出することを特徴とする請求項 2 4 記載の被写体抽出方法。

【請求項 2 6】 前記第 1 および第 2 の方位ベクトルを検出する際の前記輪郭線を検出した後に、該検出された輪郭線のうち、前記所定方向と略同一方向に連続性が高い輪郭線および／または強度が大きい輪郭線を互いに協調させることによって強調するとともに、前記各輪郭線と前記方向に連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線とを互いに競合させることによって該連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線を消去し、
該強調された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた前記輪郭線の成分をすべて抽出するようにし、
前記方位と距離とを検出する際の前記抽出された各領域のうち、互いに近接する色との一致度が大きい領域同士を協調させることによって前記色との一致度が大きい領域を強調し、
前記色との一致度が大きい領域と、該領域とは離れた位置にある前記色との一致度が小さい領域との競合によって、前記色との一致度が小さい領域を消去し、
該色との一致度が大きい領域と該領域とは離れた位置にある前記色との一致度が大きい領域とを互いに競合させ、前記色との一致度が大きい領域であって、かつ領域としての大きさや形状がより適当である領域を残し、領域としての大きさや形状がより不適当な領域を消去することによって、前記注目領域の範囲の中で最も適当な領域を、被写体領域として選択し、
該選択された被写体領域の方位と距離とを注目領域の中心点を基準として検出することを特徴とする請求項 2 4 または 2 5 記載の被写体抽出方法。

【請求項 2 7】 画像から所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定する被写体抽出方法において、
前記画像から所定の大きさを有する注目領域の範囲の第 1 の画像を切り出し、
該切り出された第 1 の画像に含まれる物体の輪郭線を明暗の情報として検出し、
所定時間経過後、前記画像から前記注目領域の範囲の第 2 の画像を切り出し、
該切り出された第 2 の画像に含まれる物体の輪郭線を明

暗の情報として検出し、

前記第 1 の画像から検出された前記輪郭線と、前記第 2 の画像から検出された前記輪郭線との差分を算出し、
該算出された差分に基づいて前記背景の動きを検出し、
該検出された前記背景の動きを前記画像から差し引いて前記背景とは異なる動きをした物体を検出し、
該物体を前記所定被写体候補と認識し、
該所定被写体候補の方向を向くベクトルを第 1 の移動ベクトルとして検出するとともに、
前記切り出された第 1 の画像からの前記所定被写体候補の所定方向の輪郭線を検出し、
該検出された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分を全て抽出し、
該抽出された各成分の前記注目領域中心点に対する方位と強度とを第 1 の方位ベクトルとして検出し、
該各方位ベクトルを第 2 の移動ベクトルとして合成し、
さらに、
前記切り出された第 1 の画像から前記所定被写体候補の色と略一致する色の領域を抽出し、
該抽出された各領域の前記注目領域中心点を基準とした方位と距離とを検出し、
該方位と距離とを第 3 の移動ベクトルとして合成し、
前記第 1、第 2 および第 3 の各移動ベクトルを注目領域移動ベクトルとして合成し、
該注目領域移動ベクトルに基づいて前記注目領域の中心点を移動させ、
該移動された注目領域の中心点を基準として、前記所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定することを特徴とする被写体抽出方法。

【請求項 2 8】 前記所定被写体候補の所定角度傾いた輪郭線の検出および前記所定被写体候補の色と略一致する領域の検出を、前記切り出された第 1 の画像を前記注目領域の中心点を極として複素対数座標変換した後に行い、

前記切り出された第 1 の画像からの前記輪郭線の成分の抽出を、前記複素対数座標変換された画像において検出された輪郭線から前記複素対数座標の円環方向に対して所定角度傾いた該輪郭線の成分をすべて抽出することにより行い、

該抽出された各成分の前記複素対数座標上での方位と強度とを検出することにより前記第 2 の方位ベクトルを検出し、前記抽出された各領域の前記複素対数座標上での方位と距離とを検出することを特徴とする請求項 2 7 記載の被写体抽出方法。

【請求項 2 9】 前記輪郭線を検出した後に、該検出された輪郭線のうち、前記所定方向と略同一方向に連続性が高い輪郭線および／または強度が大きい輪郭線を互いに協調させることによって強調するとともに、前記各輪郭線と前記方向に連続性が低い輪郭線および／または強

度が小さい輪郭線とを互いに競合させることによって該連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線を消去し、

該強調された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた前記輪郭線の成分をすべて抽出するようにしたことを特徴とする請求項 2 7 または 2 8 記載の被写体抽出方法。

【請求項 3 0】 前記注目領域移動ベクトルに熱的ゆらぎを加算し、これにより前記注目領域中心点が前記画像上における前記所定被写体候補の位置まで移動する際に、該画像上における前記所定被写体候補以外の位置に停止しないようにしたことを特徴とする請求項 1 から 2 9 のいずれか 1 項記載の被写体抽出方法。

【請求項 3 1】 前記注目領域移動ベクトルの合成をニューラルネットワークを用いて行い、該ニューラルネットワークにアニーリング法を用いて該ニューラルネットワークの出力に前記熱的ゆらぎを加算することを特徴とする請求項 3 0 記載の被写体抽出方法。

【請求項 3 2】 前記注目領域移動ベクトルに慣性項を加算し、これにより前記注目領域中心点が前記画像上における前記所定被写体候補の位置まで移動する際に、該画像上における前記所定被写体候補以外の位置に停止しないようにしたことを特徴とする請求項 1 から 2 9 のいずれか 1 項記載の被写体抽出方法。

【請求項 3 3】 前記検出された輪郭線の前記注目領域の中心点に対する放射方向の位置を検出し、該検出された輪郭線の放射方向の位置に応じて前記注目領域の大きさを変化させることを特徴とする請求項 1 から 3 2 のいずれか 1 項記載の被写体抽出方法。

【請求項 3 4】 前記検出された輪郭線の前記注目領域の中心点に対する放射方向の位置を検出し、該検出された輪郭線の放射方向の位置に応じて前記注目領域移動ベクトルの大きさを変化させることを特徴とする請求項 1 から 3 3 のいずれか 1 項記載の被写体抽出方法。

【請求項 3 5】 前記所定被写体候補を該抽出した後、該画像の該所定被写体候補が抽出された領域について、再抽出防止処理を施すことを特徴とする請求項 1 から 3 4 のいずれか 1 項記載の被写体抽出方法。

【請求項 3 6】 前記再抽出防止処理をマスキングにより行うことを特徴とする請求項 3 5 記載の被写体抽出方法。

【請求項 3 7】 前記所定被写体候補の抽出をニューラルネットワークを用いて行い、前記再抽出防止処理をニューラルネットワークに疲れの項を導入することにより行うことを特徴とする請求項 3 5 記載の被写体抽出方法。

【請求項 3 8】 画像から所定の大きさを有する注目領域の範囲の画像を切り出し、該切り出された画像から前記注目領域の中心点を移動さ

せる注目領域移動ベクトルを合成し、

該注目領域移動ベクトルに基づいて前記注目領域の中心点を移動させ、

該注目領域の中心点が停止したとき、該注目領域の範囲の画像内に所定被写体候補が含まれているか否かを判断し、該所定被写体候補が含まれているときには該所定被写体候補を抽出する被写体抽出方法において、

該所定被写体候補の抽出後および前記判断の結果前記注目領域の範囲の画像内に前記所定被写体候補が含まれなかったとき、前記注目領域の中心点を前記画像上における他の位置に転移させ、該転移した位置から再度前記切り出し、前記注目領域移動ベクトルの合成、前記注目領域中心点の移動および前記判断を繰り返すことを特徴とする被写体抽出方法。

【請求項 3 9】 前記注目領域中心点が前記画像における前記所定被写体候補が存在しない位置に停止した場合に、前記注目領域中心点を任意の方向に転移させることを特徴とする請求項 3 8 記載の被写体抽出方法。

【請求項 4 0】 前記注目領域中心点が前記画像における前記所定被写体候補の輪郭線上に停止した場合に、前記注目領域中心点を前記輪郭線に沿って転移させることを特徴とする請求項 3 8 記載の被写体抽出方法。

【請求項 4 1】 前記抽出後、前記画像の前記所定被写体候補が抽出された領域に再抽出防止処理を施すことを特徴とする請求項 3 8 記載の被写体抽出方法。

【請求項 4 2】 前記再抽出防止処理をマスキングにより行うことを特徴とする請求項 4 1 記載の被写体抽出方法。

【請求項 4 3】 前記所定被写体候補の抽出をニューラルネットワークを用いて行い、前記再抽出防止処理を該ニューラルネットワークのニューロンの特性に疲れの項を導入することにより行うことを特徴とする請求項 4 1 記載の被写体抽出方法。

【請求項 4 4】 前記注目領域移動ベクトルの合成をニューラルネットワークを用いて行い、前記注目領域中心点の転移を該ニューラルネットワークにアニーリング法を用いて行うことを特徴とする請求項 3 8 から 4 3 のいずれか 1 項記載の被写体抽出方法。

【請求項 4 5】 前記注目領域移動ベクトルの合成をニューラルネットワークを用いて行い、前記注目領域中心点の転移を該ニューラルネットワークのニューロンの特性に疲れの項を導入することにより行うことを特徴とする請求項 3 8 から 4 3 のいずれか 1 項記載の被写体抽出方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】 本発明は、画像情報処理の際に、画像から所定の被写体を抽出する被写体抽出方法に関するものである。

【0 0 0 2】

10

20

30

40

50

【従来の技術】人間が画像を見て、その中に何があるかを認識する。この動作は2つのステップに分解できるといわれる。視点を動かし、認識対象を視野の中心に捕らえ、同時に物体の大きさを把握する「発見・抽出」の動作を行なう第1のステップ、そして注視点に存在する物体が何であるかを、記憶や知識と照らし合わせて「判別」する第2のステップである。人間は通常、この2つのステップを繰り返しながら、外界の情報を獲得している。

【0003】これに対し、マッチングに代表される、従来の画像処理によるパターン認識技術においては、第2のステップに重きがおかれ、第1の「発見・抽出」の部分については、人間が介在して対象の切り出しや大きさの正規化を行なってやる必要があったり、郵便番号の自動読みとり機に代表されるように、あらかじめ位置決めされた位置に対象物体を置かなければならなかったりといった制限があるものがほとんどであった。また、大きさや位置の変化に強いパターン認識手法としては、不変量に基づいて判別を行なう各種の方法が提案されている。たとえば、セントラルモーメントを用いる方法、フーリエ記述子を用いる方法、平均2乗誤差を用いる方法などがあるが、これらの方法は、認識のために複雑な積分演算や座標変換を行なう必要があり、どこに対象物体があるのかわからない場合や、扱う画像が大きい場合には、膨大な計算量が必要となってしまう。また、これらの方法は、画像中に複数の物体が存在する場合には、互いの存在がノイズとなって認識結果を誤らせてしまう可能性もあり、実用上、十分な方法ではない。

【0004】対象物体の大きさや位置のずれに強いその他の認識モデルとして、ネオコグニトロンがある（福島：位置ずれに影響されないパターン認識機構の神経回路モデル—ネオコグニトロン、電子通信学会論文誌A, J62-A(10), pp658-665, Oct. 1979）。ネオコグニトロンは、パターンマッチングを対象物体の微小部分に対して行ない、その位置ずれを階層構造に依って、何段かに分けて吸収しながら行なうという原理によるものである。このため、正確な認識とずれの吸収を両立させるためには、おのずと限界が生じる。通常、ネオコグニトロンでは、大きさに対しては4倍程度の変動しか許容できないといわれる（永野：大きさに不変な特徴抽出をするニューラルネット、コンピュータール, NO. 29, pp26-31）。同様に、位置ずれに対しても対象物体の大きさの2～3倍程度しか許容できない。最近になって提案された選択的注意の機構を組み込んだネオコグニトロンにおいても、この許容能力は同様である。

【0005】一方で、人間の視覚機能が、どのようにしてこの第1のステップを実行しているかは、未だに解明されていないが、視点の動作の様子に関しては、かなり解明されつつある（樋渡：生体系における視覚情報処理、情報処理, Vol. 23, No. 5, pp451-459(1982)、あるいは

外山：視覚系の構造と機能、情報処理, Vol. 26, No. 2, pp108-116(1985)等）。眼球運動には、サッケード運動、追従運動、固視微動などがある事が知られている。これらの運動をシミュレートするようなモデルもいくつか提案されているが、画像の微分値の大きい方へ移動する（中野：パターン識別学習システム、映像情報(I), 1987/1, pp31-37、あるいは白鳥ら：擬似網膜マスクによるサッケード運動のシミュレーション、テレビ学技報 ITEJ Tec. Rep. Vol. 14, No. 36, pp25-30, ICS '90-54, AIPS' 90-46, June, 1990)、明度の高い方へ移動する（平原ら：注視点特定のためのニューラルネット、テレビ学技報 ITEJ Tec. Rep. Vol. 14, No. 33, pp25-30, VAI '90-28, June, 1990)、あるいは輪郭の曲率の大きな点に移動する（乾ら：特開平2-138677号公報）等、余りに単純で、いずれも人間の視覚機能をうまく模倣しているとはとてもいいがたいものであった。

【0006】さらに、認識対象を捕らえ、その全体を含む領域を抽出するためには、対象物体の部分的な特徴にのみ捕らわれることなく、対象全体の中心において視点の運動が安定（停止）することが必要であるが、前述した既存の各種モデルでは、いずれもこのような動作を行なわせることはできていない。例えば前述した白鳥らの擬似網膜マスクによる方法では、視点は物体の輪郭線の回りを行ったり来たりするだけで安定せず、また乾らのモデルでは、視点はいつまでもたっても物体のごく一部分の特徴点しか捕らえることができない。また、ほとんどの手法は、物体の背景が単純であることを暗黙の前提条件として必要としており、一般写真のような自然画像に対してほとんど適用できないものである。

【0007】以上のように、位置ずれや大きさの変化を人間が介在して吸収したり、あらかじめ位置や大きさの正規化されていることが前提条件となっている場合には、良好な認識が可能な様々な手法が存在するが、認識のために画像から対象とする被写体全体を、そっくり抽出する優れた手法は存在しない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、人間は認識すべき対象をあらかじめ外界の画像から適当な大きさで抽出してから、効率的に認識処理を行っている。これに対し、従来提案されてきた方法は、1つの処理系で、外界画像中の対象物を認識しようとするため、非常に複雑な手順や、膨大な時間が必要だったり、あるいは、抽出部分に人間が介在する必要があったり、画像の背景が単純である必要があったり、という問題があり、十分実用に耐えられるものではなかった。これらの問題は、認識すべき対象物体を外界の画像中から抽出する有効な方法が存在せず、認識システムの判別部に大きな負担をかけるような構造になっていたためである。

【0009】また、上述した方法は、対象被写体が画像

中に複数存在する場合、一度抽出した被写体を再度抽出してしまうことがあり、これは未抽出の対象被写体の抽出を妨げ、抽出の効率を低下させるという不都合を生じている。

【0010】また、視点移動の動作を模倣した上記の方法は視点が対象物体を捕えた場合以外に、対象物体以外の位置においても視点の移動が停止してしまう場合があり、その停止した状態から脱出する際には人間が介入する必要があるなど、この点においても十分実用に耐えられるものではなかった。

【0011】さらに、上述した方法は、視点が与えられた画像上を対象物体の方向に移動する途中に、対象物体とは異なる小さな物体が存在するような場合に、その物体を対象とする物体と誤認して視点がその位置に停止してしまい、対象物体の方向に移動できなくなってしまう場合があった。

【0012】本発明は上記事情に鑑み、与えられた画像から適切に精度良く所定の被写体を抽出することができ、演算時間も短縮することのできる被写体抽出方法を提供することを目的とするものである。

【0013】また、本発明は与えられた画像中に対象とする被写体が複数存在する場合であっても、同じ被写体を再度抽出することなく、効率良く被写体の抽出を行う被写体抽出方法を提供することを目的とするものである。

【0014】また、本発明は与えられた画像中に対象とする被写体が複数存在する場合であっても、同じ被写体を再度抽出することなく、効率良く被写体の抽出を行う被写体抽出方法を提供することを目的とするものである。

【0015】さらに、本発明は与えられた画像から適切に精度良く対象物体である所定の被写体を抽出することができるとともに演算時間も短縮することができ、視点が停止した場合であっても、その停止した状態から脱出することができる被写体抽出方法を提供することを目的とするものである。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の被写体抽出方法は、画像から所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定する被写体抽出方法において、所定の大きさの注目領域の中心点を前記所定被写体候補の位置へ移動させ、前記注目領域の中心点を基準として、前記所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定することにより行うことを特徴とするものである。

【0017】さらに、本発明による第2の被写体抽出方法は、画像から所定の大きさを有する注目領域の範囲の画像を切り出し、この切り出された画像もしくはこの画像を複素対数座標変した画像の全体の動き、画像内に含まれる所定被写体候補の色および／または画像内に含ま

れる所定被写体候補の輪郭線に基づいて、所定被写体候補の色、輪郭線などの成分の注目領域中心点に対する方位と強度とを方位ベクトルとして求め、この方位ベクトルを合成して注目領域を移動させるための注目領域移動ベクトルを求め、この注目領域移動ベクトルに基づいて注目領域の中心点を移動させ、この移動された注目領域の中心点を基準として、所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定することの特徴とするものである。

10 【0018】また、本発明による第3の被写体抽出方法は、上述した本発明による第2の被写体抽出方法において、前記所定被写体候補の輪郭線および／または動きに基づいて輪郭線を抽出した後に、該検出された輪郭線のうち、前記所定方向と略同一方向に連続性が高い輪郭線および／または強度が大きい輪郭線を互いに協調させることによって強調するとともに、前記各輪郭線と前記方向に連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線とを互いに競合させることによって該連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線を消去し、該強調された輪郭線から前記注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた前記輪郭線の成分をすべて抽出するようにし、前記抽出された各領域のうち、前記色との一致度が大きい領域と該領域の近傍の領域とを互いに協調させることによって前記色との一致度が大きい領域を強調するとともに、該色との一致度が大きい領域と該領域とは離れた位置にある前記色との一致度が小さい領域とを互いに競合させることによって該色との一致度が小さい領域を消去し、前記強調された前記領域の前記注目領域の中心点を基準とした方位を方位ベクトルとして検出することを特徴とするものである。

30 【0019】さらに、本発明による第4の被写体抽出方法は、前記注目領域移動ベクトルに熱的ゆらぎを加算し、これにより前記注目領域中心点が前記画像上における前記所定被写体候補の位置まで移動する際に、該画像上における前記所定被写体候補以外の位置に停止しないようにしたことを特徴とするものである。この場合、特に注目領域移動ベクトルの合成をニューラルネットワークを用いて行い、ニューラルネットワークにアンニリング法を適用することができる。

40 【0020】ここでアンニリング法とは、ニューラルネットワークにおいてあるニューロンが入力信号を受けて、これを出力するときにニューロンの入出力特性関数にのっとった形で出力するのではなく、そのニューロン自体が熱的なゆらぎを持った出力を示す、つまりノイズを含んだ出力を示すようにすることである。このノイズが加わる程度を温度の高低で表し、温度を上下させることによってニューラルネットワークの系の状態を安定状態から崩して別の安定状態に移動させてやることを狙った方法である。例えばニューロンの入出力特性がシグモイド関数である場合において、熱的ゆらぎが0ならばそ

の入出力特性は図68(a)に示すものになるが、これに熱的ゆらぎを加えることによって、図68(b)に示すような誤差を持った入出力特性となり、図68(b)に示す斜線部の範囲で出力が確率的にばらつくのである。この熱的ゆらぎの量を大きくする、すなわち、温度を高温にして徐々に下げる状態が、金属材料等を加熱して、徐々に冷却して内部の欠陥を取り除く「焼き鈍し」に似ていることからアニーリングと呼ばれるのである。この温度の高温時には、各ニューロンの出力が誤差を持っているため、その誤差をきっかけにして、ニューロンの安定状態から脱出できるのである。

【0021】さらに本発明による第5の被写体抽出方法は、所定被写体候補を抽出した後、画像中の所定被写体候補が抽出された領域について、マスキング等の方法により、再抽出防止処理を施すことを特徴とするものである。

【0022】さらに、本発明による第6の被写体抽出方法は、画像から所定の大きさを有する注目領域の範囲の画像を切り出し、該切り出された画像から前記注目領域の中心点を移動させる注目領域移動ベクトルを合成し、該注目領域移動ベクトルに基づいて前記注目領域の中心点を移動させ、該注目領域の中心点が停止したとき、該注目領域の範囲の画像内に所定被写体候補が含まれているか否かを判断し、該所定被写体候補が含まれているときには該所定被写体候補を抽出する被写体抽出方法において、該所定被写体候補の抽出後および前記判断の結果前記注目領域の範囲の画像内に前記所定被写体候補が含まれなかったとき、前記注目領域の中心点を前記画像上における他の位置に転移させ、該転移した位置から再度前記切り出し、前記注目領域移動ベクトルの合成、前記注目領域中心点の移動および前記判断を繰り返すことを特徴とするものである。

【0023】なお、本発明の被写体抽出方法の各種具体的な態様は、請求項2から68に記載した通りのものであり、課題を解決するための手段としてここにその内容を繰返すのは冗長となるので、ここでは省略する。

【0024】

【作用】本発明による被写体抽出方法は、画像から所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定する被写体抽出方法において、所定の大きさの注目領域の中心点を画像中の所定被写体候補の位置へ移動させ、この中心点を基準として、所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定するようにしたため、特定の被写体のみでなく、いかなる形状の所定被写体をも抽出することが可能であり、また、画像における所定被写体候補の背景が複雑であっても所定被写体候補を抽出することができる。

【0025】また、画像から所定の大きさを有する注目領域の範囲の画像を切り出し、切り出された画像から所定被写体候補の輪郭線を検出して、この輪郭線が注目領

域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた成分から方位ベクトルを求め、必要があれば所定角度の位相シフトもしくは重みを加えてからこの方位ベクトルを合成して注目領域移動ベクトルを求めて注目領域の中心点の移動方向を決定し、注目領域の中心点を基準として所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定するようにしてもよい。さらに、切り出した画像を複素対数座標変換しても、実空間座標における場合と同様に所定被写体候補を抽出することが可能であり、また画像の全面に対して処理を行う必要がなくなるため、演算時間を短縮することができる。

【0026】さらに、所定被写体候補の輪郭線を検出した後に、検出された輪郭線のうち、所定方向と略同一方向に連続性が高い輪郭線および／または強度が大きい輪郭線を互いに協調させることによって強調するとともに、前記各輪郭線と前記方向に連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線とを互いに競合させることによって該連続性が低い輪郭線および／または強度が小さい輪郭線を消去し、この強調された輪郭線から注目領域の中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた輪郭線の成分をすべて抽出するようにすれば、所定被写体候補をより一層抽出し易くなるため好ましい。

【0027】さらに、画像から所定の大きさを有する注目領域の範囲の画像を切り出して、この切り出された画像から所定被写体候補の色と一致度の高い領域を検出して、この領域の方位と距離とを求め、この方位と距離とから注目領域移動ベクトルを求めて注目領域の中心点の移動方向を決定し、注目領域の中心点を基準として所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定するようにしてもよい。

【0028】ここで、所定被写体候補の色との一致度の求め方であるが、例えば図69に示すような色度図上において、所定被写体候補の色度値と注目領域の大きさの範囲で切り出された画像の任意の点における色度値との距離を一致度として使うことが可能である。すなわち、ある点における色度値が、所定被写体候補の色度値と色度図上において離れている場合ほど、一致度が低いのである。あるいは、色の一一致度の別の求め方として、ニューラルネットワークを用いて、任意の色に対する所定被写体候補の色との一致度をニューラルネットワークに学習させておき、学習が完了したニューラルネットワークに切り出された画像の任意の点における色データを与え、色の一一致度を出力させるようにしてもよい。

【0029】また、切り出された画像を複素対数座標変換しても、実空間座標における場合と同様に所定被写体候補を抽出することが可能である。

【0030】さらに、前記被写体の色と略一致する色の領域のうち、互いに近接する色との一致度が大きい領域同士を協調させることによって前記色との一致度が大きい領域を強調し、前記色との一致度が大きい領域と、該

10

20

30

40

50

領域とは離れた位置にある前記色との一致度が小さい領域との競合によって、前記色との一致度が小さい領域を消去し、該色との一致度が大きい領域と該領域とは離れた位置にある前記色との一致度が大きい領域とを互いに競合させ、前記色との一致度が大きい領域であって、かつ領域としての大きさや形状がより適当である領域を残し、領域としての大きさや形状がより不適当な領域を消去することによって、前記注目領域の範囲の中で最も適当な領域を、被写体領域として選択し、この選択された領域の複素対数座標上での方位を方位ベクトルとして検出するようにすれば、所定被写体候補の色との一致度が大きい領域をより抽出し易くなるために好ましい。

【0031】このように、所定被写体候補を抽出するようにすれば、特定の被写体のみではなく、いかなる形状の所定被写体候補をも抽出することが可能であり、また、画像における所定被写体候補の背景が複雑であっても所定被写体候補を抽出することができる。さらに、画像の全面に対して処理を行う必要が無くなるため、演算時間を短縮することができる。

【0032】さらに、所定の時間差を有する複数の時刻における注目領域の範囲の画像を切り出し、まずこれら画像間の被写体の輪郭線の差分を算出し、この差分に基づいて注目領域内での画像面に平行な方向の背景の動きを検出するようにし、これと同時に、注目領域の範囲の各画像を複素対数座標変換し、この複素対数座標変換された画像から、被写体の放射方向の輪郭線の差分を算出して背景の面内回転方向の動きを、被写体の円環方向の輪郭線の差分を算出して背景の放射方向の動きをそれぞれ検出するようにし、さらに、検出された画像面に平行な方向、面内回転方向および／または放射方向の背景の動きに基づいて、背景の動きを補償し、この背景の動きが補償された画像から背景とは異なる動きをしている物体の輪郭線を検出して、この輪郭線が複素対数座標の円環方向に対して所定角度傾いた成分から方位ベクトルを求め、必要があれば所定角度の位相シフトもしくは重みを加えてからこの方位ベクトルを合成して注目領域移動ベクトルを求めて注目領域の中心点の移動方向を決定し、注目領域の中心点を基準として物体の大きさおよび／または形状に応じて所定被写体候補を抽出するための抽出領域を決定するようにしてもよい。

【0033】このように所定被写体候補を抽出することにより、注目領域内において所定被写体候補だけが動いている場合だけでなく、画像全体、すなわち背景が動いている場合でも背景の動きを補償し、所定被写体候補だけを抽出することが可能である。また、時時刻々移動を続ける所定被写体候補を追いつけ、常に所定被写体候補を注目領域の中心に捕らえ、抽出することができる。さらに、画像における所定被写体候補の背景が複雑であっても所定被写体候補を抽出することができる。さらに、画像の全面に対して処理を行う必要が無くなるため、演

算時間を短縮することができる。

【0034】また、切り出された画像を複素対数座標変換しても、実空間座標における場合と同様に所定被写体候補を抽出することが可能である。

【0035】また、上述したように、輪郭線に基づいた所定被写体候補の抽出と、色に基づいた所定被写体候補の抽出とを同時に行うようにすれば、所定被写体候補の抽出をより正確に行うことができる。

【0036】また、上述したように、輪郭線に基づいた所定被写体候補の抽出と、動きに基づいた所定被写体候補の抽出とを同時に行うようにすれば、所定被写体候補をより正確に抽出することができる。

【0037】さらに、輪郭線に基づいた所定被写体候補の抽出と、色に基づいた所定被写体候補の抽出と、動きに基づいた所定被写体候補の抽出とを同時に行うようにすれば、所定被写体候補をより一層正確に抽出することが可能となるため好ましい。

【0038】また、注目領域移動ベクトルを合成する過程において、注目領域移動ベクトルに慣性項を加算するようにすれば、注目領域中心点が与えられた画像上における所定被写体候補の位置まで移動する際に、所定被写体候補とは異なる物体上等の所定被写体候補以外の位置に停止しそうな場合にも、この注目領域中心点が停止することを防止することができる。

【0039】また、ニューラルネットワークを使用し、ニューラルネットワークの出力に熱的ゆらぎを加えるようにすれば、注目領域中心点が与えられた画像上における所定被写体候補の位置まで移動する際に、所定被写体候補とは異なる物体上等の所定被写体候補以外の位置に停止しそうな場合にも、この注目領域中心点が停止することを防止することができる。

【0040】また、ニューラルネットワークを使用し、ニューロンの特性にアニーリング法を適用して一時的に熱的ゆらぎを強く加えその後徐々に熱的ゆらぎを小さくしていくようにすれば、注目領域中心点が所定被写体候補とは異なる物体上等の所定被写体候補以外の位置に停止してしまった場合にも、この注目領域中心点を所定被写体候補とは異なる物体上等の所定被写体候補以外の位置から移動させることができる。

【0041】また、所定被写体候補の輪郭線の注目領域の中心点に対する放射方向の位置に応じて注目領域の大きさを変化させれば、画像中に非常に大きさが異なる所定被写体候補が含まれている場合であっても、全ての所定被写体候補を抽出することが可能となる。

【0042】さらに、所定被写体候補の輪郭線の注目領域の中心点に対する放射方向の位置に応じて注目領域移動ベクトルの大きさを変化させれば、よりす速く注目領域を所定被写体候補の位置へ移動することができ、また、注目領域が所定被写体候補に近づいた際には、注目領域をよりゆっくりと移動させることもできるため、よ

り効率良く所定被写体候補の抽出を行うことができる。

【0043】さらに、本発明による被写体抽出方法は、上述した本発明による被写体抽出方法に示した抽出方法等により、画像から所定被写体候補を抽出し、この抽出後、画像の所定被写体候補が抽出された領域について再抽出防止処理を施すようにした。このため、同一画像中に所定被写体候補が複数存在する場合でも、一度抽出した所定被写体候補を再度抽出してしまうことを防ぐことができる。

【0044】また、再抽出防止処理を、マスキングまたはニューラルネットワークに疲れの項を導入することにより行うようにしても、一度抽出した物体を再度抽出することを防止することが可能である。

【0045】さらに、本発明による被写体抽出方法は、前述したような注目領域の範囲の画像を切り出し、この切り出された画像から注目領域の中心点を移動させる注目領域移動ベクトルを合成し、この注目領域移動ベクトルにより注目領域中心点を移動させて、注目領域中心点が停止したときに、この注目領域の範囲内に所定被写体候補が含まれているか否かを判断して、所定被写体候補が含まれているときにはこの所定被写体候補を抽出する被写体抽出方法において、所定被写体候補の抽出後および判断の結果注目領域の範囲内に所定被写体候補が含まれなかったときに、注目領域の中心点を他の位置に移動して、移動した位置から再度注目領域中心点を移動させるようにしたものである。このため、注目領域中心点が停止してしまっただけの際においても、その停止した状態から脱出して、再度所定被写体候補の探索を行うことができる。

【0046】また、注目領域中心点が画像における所定被写体候補が存在しない位置に停止した場合には、注目領域中心点を任意の方向に転移させて、そこからまた新たに所定被写体候補を探索させることができる。さらに、注目領域中心点が所定被写体候補の輪郭線上に停止した場合には、注目領域中心点を輪郭線に沿って転移させれば、所定被写体候補の特徴点である輪郭線の交点等に注目領域中心点を移動させて所定被写体候補を抽出することができるため、より好ましい。

【0047】さらに、所定被写体候補を抽出した領域に、再抽出防止処理を施すようにすれば、注目領域中心点を転移させた際に、一度抽出した所定被写体候補を再度抽出することがなくなり、より効率良く所定被写体候補を抽出することができる。

【0048】また、所定被写体候補の抽出、背景の動きの補償、再抽出防止処理、注目領域中心点の転移等を、ニューラルネットワークを用いて行えば多数のニューロンの並列動作により効率良く所定被写体候補の抽出を行うことができ、本発明の被写体抽出方法を用いたシステムの能力をさらに向上させることが可能となる。

【0049】

【実施例】以下、本発明の実施例について、図面を参照して説明する。

【0050】図1は、本発明による被写体抽出方法の基本的概念を示すブロック図である。なお、本実施例においては、ニューラルネットワークを用いて所定の大きさの注目領域の中心点を所定被写体候補の輪郭線、色および動きに基づいて所定被写体候補の位置へ移動させ、この注目領域の中心点を基準として、所定被写体候補の大きさおよび／または形状に応じて抽出領域を決定することにより所定被写体候補の抽出を行うものである。

【0051】図1に示すように、本実施例はニューラルネットワークを用いて注目領域の移動を繰り返して所定被写体候補の探索を行う探索ニューラルネット部3と、注目領域の移動の状態を常にチェックし、注目領域が停止した場合に、この停止が所定被写体候補の発見によるものか否かを判断し、必要に応じて所定被写体候補の抽出を行う注目領域停止処理部4とからなる。

【0052】まず探索ニューラルネット部3において、画像上に注目領域の中心点位置および注目領域のサイズを設定して、画像から注目領域の範囲の画像を取り込み、次いで所定被写体候補の動き、輪郭線および色に基づいて注目領域移動ベクトルを算出し、この注目領域移動ベクトルを合成し、この合成した注目領域移動ベクトルに基づいて、画像上において注目領域を移動させるものである。注目領域停止処理部4においては、注目領域の移動量がチェックされ、注目領域が移動中の場合はまた新たに注目領域を移動させる旨の信号を探索ニューラルネット部3に入力する。注目領域が停止した場合は注目領域の停止状況の判断がなされる。この判断は、注目領域の画像上における停止状況が所定被写体候補発見によるものか発見によるものでないかを判断するものである。注目領域停止状況が所定被写体候補の発見によるものでない場合は、その位置に注目領域が停止している必要が無い場合、新たな注目領域の位置および注目領域のサイズを設定する旨の信号を探索ニューラルネット部3に入力する。探索ニューラルネット部3はこの信号を受けて、注目領域を再び移動させる。注目領域停止位置が所定被写体候補の発見によるものである場合は、その所定被写体候補は切り出され、すなわち抽出され、図1に示す判定を行う第2のステップ2に引き渡される。

【0053】なお、上述した探索ニューラルネット部3においては、人間が視点を移動するのと同様に注目領域が移動するようにニューラルネットワークが構成される。人間の視点の移動は例えば、人間が図2に示すような図形を眺める場合を考えると、過去の研究により注視点は物体の輪郭や端点上に長時間留まるという報告がなされており、注視点は図2(b)の点線で囲んだS部に留まるものである。また、眺めた物体を一つの塊として認識する瞬間には、注視点は輪郭線上にはなく、輪郭線で囲まれた中心部分に留まることが経験上認識されている。

る。例えば図2(a)のような図形を眺めた場合は注視点
は点線で囲んだS部に留まる。すなわち、人間の視点
は、輪郭線に囲まれた物体の中心点、あるいは、線分の
交点や多角形の頂角において安定するといえる。よって、注目領域周辺にのみ被写体が存在するとき
には、まずその被写体に近づき、ある程度被写体に近づ
いた後は、その被写体の中心もしくは頂角等へと注目領
域の中心点を移動していき、そこで注目領域が安定す
る、というような機能を有するように、ニューラルネッ
トワークを構成すればよい。

【0054】まず、探索ニューラルネット部3における
物体の輪郭線に基づいて注目領域移動ベクトルを算出す
る部分について説明する。

【0055】図3は、所定被写体候補の輪郭線に基づい
て注目領域移動ベクトルを求めるためのニューラルネッ
トワークの一構成を表す図である。なお、このニュー
ラルネットワークへの入力、時刻tにおける所定の大き
さの注目領域から入力される外面の静止画像である。ま
た、出力は注目領域をどちらへどれだけ移動すべきか
という注目領域移動量と移動方向、すなわち、注目領域移
動ベクトルである。この図3に示すニューラルネットワ
ークにおいて、時刻tにおける所定被写体候補の方向へ
移動させるための注目領域移動ベクトルが求められる。

【0056】本実施例におけるニューラルネットワーク
の基本構造は階層型であるが、一部の層内e1、e2層
では相互結合もしているため複合型ともいえる。また、
階層型として有名なバックプロパゲーションモデルで
は、各層間の各ニューロン同士はすべて互いに結合して
いる構造がとられるのに対し、このニューラルネットワ
ークでは、各層同士で位置が対応するニューロンと、そ
の近傍のニューロンとの間にのみ結合が限定されている
局所結合型になっている。このため、各層間のシナプス
数を相当低減でき、演算時間の短縮を実現できる。ま
た、相互結合層内の各ニューロン間の結合も同様に、位
置的に近いものどうしの間にのみ存在する。このような
局所的な結合構造は、人間の眼の網膜から脳の1次視覚
野にかけてみられる神経回路と同様の構造となっている。

【0057】次に、このニューラルネットワークの各層
の機能について説明する。このニューラルネットワーク
は画像をニューラルネットワークに入力するa層、入力
された画像の複素対数座標変換（対数極座標変換）を行

$$z = x + i y$$

とすれば、複素対数座標変換された点W'は

$$W' = \ln(z) = \ln(|z|) + j \theta Z$$

となる。ここで

$$z = (x^2 + y^2)^{1/2}$$

$$\theta Z = \tan^{-1}(y/x)$$

である。すなわち、複素対数座標変換は複素対数座標に
おける距離軸が注目領域中心点からの距離の対数値、方

うb層、放射方向の各輪郭線を検出するc1、c2層、
放射方向の輪郭線の端点を検出するd層、円環方向の輪
郭線を選択する相互結合回路網層であるe1層および、
放射方向の輪郭線を選択する相互結合回路網層であるe
2層、所定被写体候補の円環方向の輪郭線成分と注目領
域中心点との偏心率検出層であるf1層、所定被写体候
補の放射方向の輪郭線成分と注目領域中心点との偏心率
検出層であるf2層、所定被写体候補の円環方向の方位
ベクトル検出層であるg1層、所定被写体候補の放射方
向の方位ベクトル検出層であるg2層、検出された円環
方向の方位ベクトルを合成する方位ベクトル合成層であ
るh1層、検出された放射方向の方位ベクトルを合成す
る方位ベクトル合成層であるh2層、および注目領域の
移動ベクトルを出力するi層から構成されている。な
お、本実施例のニューラルネットワークにおいては、b
層以降の各層間あるいは各層内のシナプス結合は、空間
不変（スペースインバリエント）とした。これは、モデ
ルシミュレーションや並列処理の実行容易性を考慮した
ため、必ずしも空間不変である必要はない。しかし、
空間不変としておくことで、各ニューロンの出力は、シ
ナプス結合マトリックスと前段のニューロン層マトリッ
クスとのコンボリューション（シナプス結合パターンと
のマッチング）演算結果を、非線形関数に通したものに
相当するので、ニューラルネットワークのシミュレーシ
ョンを計算機上で行う場合、計算的な扱いが非常に楽に
なる。

【0058】まず、このニューラルネットワークに入力
された画像は、b層において注目領域の中心点を極とし
て複素対数座標変換される。このb層において画像を複
素対数座標変換することで、b層以降のニューラルネッ
トワークの動作を、画像データの配列と空間不変なシナ
プス結合データ配列とのコンボリューションとして計算
的な扱うことができることになる。

【0059】ここで、図4に、様々な図形が複素対数座
標変換された結果を示す。複素対数座標変換では、極す
なわち注目領域中心点が所定被写体候補の中心にあれ
ば、図4(a)に示すように同心円状の曲線が水平の直線
に、図4(b)に示すように放射状の線が垂直な直線に、
また三角形は図4(c)に示すような形に変換される。

【0060】ここで、変換前の空間座標上の点W(x,
y)を、数学的に複素表現で

$$(1)$$

$$(2)$$

$$(3)$$

$$(4)$$

位軸が注目領域中心点の周囲の角度となるように変換す
ることである。

【0061】複素対数座標変換された画像はc1, c2層において、複素対数座標上でそれぞれ円環方向、放射方向の各輪郭線が抽出される。c1層においては、複素対数座標変換された画像を、図5(a)に示すようなシナプス結合で重み付けられた信号として伝達することによって円環方向の、c2層においては、図5(b)に示すようなシナプス結合で重み付けられた信号として伝達することによって放射方向の輪郭線がそれぞれ抽出される。

【0062】ここで、複素対数座標の円環方向とあるが、これは複素対数座標の方位軸方向を意味するものである。すなわち、複素対数座標の方位軸は実空間座標の原点（本発明においては注目領域の中心点）をとりまく角度を表わしており、実空間座標において原点を中心とする円は複素対数座標では方位軸に平行な直線となる。したがって複素対数座標の方位軸を円環方向としたものである。また、複素対数座標の距離軸は実空間座標の原点からの距離を表わしており、実空間座標において原点

$$W_{ab} = (1.0 - 4.0 \times Dx \times (1.0 - Dy \times Mc)^2) \times \exp(-2.0 \times Dx \times (1.0 - Dy \times Mc)^2) \times \exp(-2.0 \times Dy^2) \quad (5)$$

ただし $Dx = Kx \times |Xa - Xb|$

$Dy = Ky \times |Ya - Yb|$

Kx , Ky は適当な正の係数、 Mc は適当な係数で与えられる値となっている。式(5)は、ニューロン同士が円環方向には協調性、すなわち正の重みで、放射方向には抑制性、すなわち負の重みで結合されていることを示し、また、結合の強さはニューロン間の距離に依存し、近傍に存在するニューロン同士ほど強い重みで結合し、離れた位置に存在するニューロンほど重みは弱くなるという、いわゆる局所相互結合型の内部結合であることを示している。このような相互結合をもつe1層内では以下のように輪郭線の強調および消去が行われている。

【0064】a層から入力された画像は、所定被写体候補の輪郭線が途切れていたり背景が複雑であったりするため、c1層において抽出されてe1層に入力された輪郭線は図6の画像43に示すように輪郭線が途切れたものとなっている。この画像43において円環方向にできるだけ連続するような形でしかも強い興奮を有するニューロン部分は、本来実空間座標上において1つの物体として存在している可能性が強い部分である。e1層のニューロンは同じ画像内で相互結合しているためこの画像43に対して協調競合用シナプス結合44で重み付けられた信号として伝達させると層内での再起的信号の繰返しにより、途切れているそれぞれの輪郭線の端点のニューロン同士が円環方向に互いに協調し合い、興奮領域をつなげようとする。これにより、端点のニューロンに隣接するニューロンは画像43aの実線矢印で示す方向に興奮されていき、途切れていた輪郭線は徐々に連続するようになり、また、協調競合用シナプス結合7の形状により円環方向に対して多少傾いている輪郭線をつなげることがで

を通る放射状の直線は複素対数座標では距離軸に平行な直線となる。したがって、複素対数座標の距離軸を方位軸に平行な円環方向に対して放射方向と呼ぶこととする。

【0063】d層においては、放射方向の輪郭線が抽出されたc2層の画像から、ある所定被写体候補が手前に存在する別の物体に遮られた場合にその境界で発生する放射方向の輪郭線端点を抽出する。e1, e2層は、それぞれ円環方向、放射方向の輪郭線が強調されるような局所相互重み結合を有する相互結合層であり、e1層において、c1層で検出された円環方向の輪郭線のうち円環方向に連続性の高い輪郭線、強度の大きな輪郭線が強調され、連続性の低い独立した輪郭線や弱い輪郭線は消去される。e1層におけるニューロンの相互結合の重みは、複素対数座標上のあるニューロンAの位置を(Xa , Ya)、ニューロンBの位置を(Xb , Yb)とした場合、

20 きるため、最終的に円環方向に連続した輪郭線となる。一方、画像43に見られるような、円環方向に対して連続性が低く、しかも興奮が弱いニューロン（画像43における黒点部分）は、1つの物体として存在している可能性は低い。e1層内のニューロンは、前述したように円環方向に対しては協調し合うが放射方向に対しては競合し合うような相互結合となっており、黒点部分のニューロンは強い興奮を有する円環方向の輪郭線のニューロンと競合し、このニューロンが発する放射方向（破線矢印方向）への抑制性の信号により抑制されて消去されてしまう。この結果、e1層に入力された画像43は、円環方向に連続した輪郭線のみを有する画像43bとなる。

【0065】また、e2層においては、c2層で検出された放射方向の輪郭線のうち放射方向に連続性の高い輪郭線、強度の大きな輪郭線が強調され、独立した輪郭線や弱い輪郭線は消去される。e2層におけるニューロンの相互結合の重みは、式(5)のxとyを入れかえた式となっており、円環方向には競合性、放射方向には協調性の重みで結合されている。このため、c2層において抽出された図7に示す画像45のように、放射方向に連続性が高く、しかも強い興奮を有するニューロン部分が、協調競合用シナプス結合46で重み付けられた信号として伝達されることにより、互いに協調し合い、それぞれの輪郭線の端点のニューロンに隣接するニューロンが画像45aの実線矢印で示す方向に興奮されていき、途切れていた輪郭線は徐々に連続するようになる。一方、放射方向に対して連続性が低く、しかも興奮が弱いニューロン

（画像45における黒点部分）は、強い興奮を有する放射方向の輪郭線のニューロンと競合し、このニューロンが発する円環方向（破線矢印方向）の抑制性の信号により抑制されて消されてしまう。この結果、e2層に入力さ

れた画像45は、放射方向に連続した輪郭線のみを有する画像45b となる。

【0066】次いで、f 1 層において、e 1 層の相互結合層で選択された円環方向の輪郭線から円環方向に対してある一定角度傾いた成分が抽出される。すなわち、図8に示すような円環方向の輪郭線51に対して右上がりの傾き成分抽出用シナプス結合52および左上がりの傾き成分抽出用シナプス結合53で重み付けられた信号として伝達される。この傾き成分抽出用シナプス結合52、53は、+成分が並んでいる方向の輪郭線を強め合い、+と-の両成分に渡る輪郭線を打ち消し合ってしまうため、このようなシナプス結合で円環方向の輪郭線51を重み付けられた信号として伝達すると、輪郭線の右上がりの傾き成分51a および左上がりの傾き成分51b が抽出される。なお、本実施例においては、傾き成分抽出用シナプス結合52、53により円環方向輪郭線が複数対数座標の円環方向に対して20〜30度傾いた成分が抽出される。

【0067】一方で、f 2 層において、e 2 層の相互結合層で選択された放射方向の輪郭線から円環方向に対してある一定角度傾いた成分が抽出される。すなわち、図9に示すような放射方向の輪郭線54に対して左上がりの傾き成分抽出用シナプス結合55および右上がりの傾き成分抽出用シナプス結合56で重み付けられた信号として伝達され、輪郭線の左上がりの傾き成分54a および右上がりの傾き成分54b が抽出される。なお、本実施例においては、傾き成分抽出用シナプス結合55、56により放射方向輪郭線が複数対数座標の円環方向に対して60〜70度傾いた成分が抽出される。

【0068】次に、以上のようにして求められた輪郭線の成分からの注目領域移動ベクトルの求め方について説明する。なお、ここでは簡単のため、e 1 層以降における注目領域移動ベクトルの合成について、まず説明する。

【0069】図10は本発明の実施例によるニューラルネットワークの図3におけるe 1 層、f 1 層、g 1 層、h 1 層およびi 層の部分を抽出し、より詳細に示した図である。

【0070】図10に示すように、各層間はシナプス結合によって結合されている。e 1 層およびf 1 層は、ニューロンが2次元状に整列した構造になっている。e 1 層内で興奮しているニューロンの分布は、e 1 層内のシナプス相互結合によって選択された、所定被写体候補の輪郭線の円環方向の成分に相当している。

【0071】e 1 層からf 1 A層へと興奮信号を伝達するシナプス結合62の重み係数は、e 1 層内の興奮の分布のうち、左上がりの傾き成分61のみを伝達しやすいように設定されている。このため、図10においては、f 1 A層では、傾き成分61の位置に相当するニューロン群63のみが興奮する。次いで、f 1 A層から、方位ベクトルを検出するために、g 1 A層へと興奮信号が伝達される。

g 1 A層は1次元に配列されたニューロン層で、f 1 A層の同一方位にあるニューロン群からの信号を受けるようにシナプス結合によって結合されている。この結果、ニューロン群63の方位に対応する、g 1 A層のニューロン64が興奮する。このニューロン64の方位と興奮の強さが方位ベクトルを表すものである。この際、より好ましくは、ニューロン群63の方位とニューロン64の方位とが、一定角度 β だけずれる、すなわち位相シフトするようにf 1 A層とg 1 A層との結合を設定するのがよい。なお、位相シフトにかえて、図11に示すように、f 1 A層とg 1 A層との結合は、注目領域から離れた位置に相当するf 1 A層のニューロンからの結合重みほど、小さくなるように重みWを加えるようにしてもよい。また、位相シフトと重みWとを併用するようにすれば、より好ましい。

【0072】同様に、右上がりの傾き成分60の興奮もf 1 B層からg 1 B層へと伝達され、方位ベクトルを表すニューロン66が興奮する。この場合も好ましくは、位相シフト β および/または重みWとを加えるとよい。

【0073】次に、このようにしてg 1 A層およびg 1 B層において求められた方位ベクトルはh 1 層において合成されてi 層において注目領域移動ベクトルが決定される。この注目領域移動ベクトルの合成は極座標上で行なっても実空間座標上で行なってもかまわないものであり、図10では実空間座標上で合成した場合を示す。ニューロン64、66からの興奮は、逆複素対数座標変換されながらi 層に伝達される。i 層では各方位ベクトルの重心が求められ、これが合成された注目領域移動ベクトルとして出力される。なお、ここでi 層への入力、主要被写体の中心へ向かう方位ベクトルの検出とその合成のみを説明してきたが、実際にはi 層には、主要被写体の輪郭の集中点に向かう方位ベクトルも入力され、後述するように適切に合成される。

【0074】以下、上述した所定被写体候補の輪郭線に基づいて求められた注目領域移動ベクトルがいかにして注目領域を所定被写体候補の方向へと移動させるかについて説明する。

【0075】図12は注目領域の中心点が所定被写体候補の外側から、所定被写体候補の中心点に移動する状態を複素対数座標と実空間座標とを対応させて表した図である。なお、ここでは簡単のため所定被写体候補を円形として、この円に向かう注目領域中心点の移動について説明する。

【0076】まず、図12(a)に示すように、注目領域73に所定被写体候補71の1部分が入っている場合、図12(a)の複素対数座標において、複素対数座標変換された所定被写体候補71'の輪郭線のうち一定角度 α および $-\alpha$ 傾いた成分がf 1 層において検出される。この一定角度 α は、f 1 層において抽出された円環方向の輪郭線が円環方向に対してなす角度であり、円環方向に対して右

上がり方を正、左上がり方を負としたものである。この一定角度 α および $-\alpha$ 傾いた成分がg 1層において方位ベクトル74, 74 (実空間座標においては方位ベクトル72, 72) として検出される。ここで、注目領域中心点Qをより一層所定被写体候補中心点Oに移動し易くするため一定角度 α の方位ベクトルに対しては $+\beta$ の、一定角度 $-\alpha$ の方位ベクトルに対しては $-\beta$ の位相シフトを加えるとともに、注目領域中心点から一定角度 α 、 $-\alpha$ 傾いた成分までの距離に応じた重みを加え、実空間座標における方位ベクトル74', 74' を得る。方位ベクトル74', 74' が得られると、h 1層においてこれらの合成ベクトルが求められ、この合成ベクトルが注目領域移動ベクトル75となる。注目領域移動ベクトル75が求められると、注目領域73は注目領域移動ベクトル75に従って移動し、図12(b) に示す状態となる。

【0077】図12(b) に示すように、所定被写体候補71と注目領域中心点Qとがある程度近づき、注目領域73内に所定被写体候補71が入ってくると、一定角度 α および $-\alpha$ 傾いた点はそれぞれ2つずつ検出され、これに従い方位ベクトル74も4種類検出される。この場合も、図12(a) に示した場合と同様に、それぞれの方位ベクトル74に対して位相シフト $+\beta$ および $-\beta$ と、重み付けを加えて注目領域移動ベクトル75が得られ、注目領域中心点Qはこの注目領域移動ベクトル75に従って移動し、図12(c) に示す状態となる。

【0078】以下、図12(c) に示す状態においても同様に注目領域移動ベクトル75が得られ、注目領域中心点Qは図12(d) に示す状態に移動し、最終的に、注目領域中心点Qと所定被写体候補71の中心点Oが一致した状態で注目領域中心点Qは停止する。

【0079】なお、上述した位相シフト β の値は、注目領域移動ベクトル75が所定被写体候補71の方向に向かうように、0度以上90- α 度未満に設定される(90- α 度を越えると注目領域移動ベクトル75が所定被写体候補71とは反対方向に向いてしまうため)。

【0080】また、上述した方位ベクトル74, 72に加える重みは、前述した輪郭線の一定角度 α および $-\alpha$ 傾いた成分から注目領域中心点までの距離に応じて設定され、注目領域移動ベクトル75が所定被写体候補の中心点を向くように、距離が離れているほど大きな重みで結合 40 される。

【0081】なお、上述した一定角度 α の値であるが、注目領域中心点Qが所定被写体候補の外側にある場合は、 α は0度以上90度以下であれば必ず α 点が存在する(α が90度のときは方位ベクトルは所定被写体候補に接し、 α 点は1点のみとなる)。逆に、注目領域中心点Qが所定被写体候補の内側にあるときには、注目領域中心点Qと所定被写体候補の中心点Oとの距離および α の値によっては α 点が存在しない場合がある。実験から所定被写体候補が円の場合は α が25度のとき、注目領域中心 50

点Qと所定被写体候補の中心点Oとの距離が所定被写体候補の半径の60%程度になると、 α 点は存在しなくなる。さらに、 α が45度のときは、注目領域中心点Qと所定被写体候補の中心点Oとの距離が所定被写体候補の半径の80%程度で、 α 点は存在しなくなる。したがって、 α が小さいほど所定被写体候補の中心点Oにまで注目領域中心点Qの移動が可能であるが、実際の所定被写体候補は厳密な円ではなく種々多様な形状をしているため、抽出する所定被写体候補に応じて α を設定するのが好ましく、経験的にいって自然画像に関しては α を20~30度前後に設定するのが好ましい。

【0082】上述した円形の所定被写体候補の中心点と注目領域中心点Oが一致した場合、注目領域の中心に含まれる所定被写体候補の輪郭線は複素対数座標上においては図4(a) に示すように円環方向に対して平行な直線となる。すなわち、注目領域中心点を所定被写体候補の中心に移動することは上述したe 1層で検出した、円環方向の輪郭線の成分を、できる限り円環方向に対して平行な成分の多い状態にすることと等価である。

【0083】次に、f 2層、g 2層およびh 2層における注目領域移動ベクトルの決定と、その注目領域移動ベクトルにより注目領域が移動する状態について説明する。

【0084】図13は注目領域が所定被写体候補の輪郭線の交点へ移動する状態を複素対数座標と実空間座標とを対応させて表した図である。

【0085】まず、図13(a) に示すように、注目領域73に所定被写体候補76の一部分が入ってくると、図13(a) の複素対数座標において、複素対数座標変換された所定被写体候補76' の輪郭線のうち一定角度 α' および $-\alpha'$ 傾いた成分がf 2層において検出される。この一定角度 α' は、f 2層において抽出された放射方向の輪郭線が円環方向に対してなす角度であり、円環方向に対して右上がり方を正、左上がり方を負としたものである。この一定角度 α' および $-\alpha'$ 傾いた成分がg 2層において方位ベクトル77として検出される。ここで、注目領域中心点Qをより一層所定被写体候補76の輪郭線の交点Tに移動し易くするため一定角度 α' の方位ベクトルに対しては $+\beta'$ の、一定角度 $-\alpha'$ の方位ベクトルに対しては $-\beta'$ の位相シフトを加えるとともに、重みを加え、実空間座標における方位ベクトル77' を得る。方位ベクトル77' が得られると、h 2層においてこれらの合成ベクトルが求められ、この合成ベクトルが注目領域移動ベクトル78となり、i 層において出力される。注目領域移動ベクトル78が求められると、注目領域73は注目領域移動ベクトル78に従って移動し、図13(b) に示す状態となる。

【0086】以下、図13(b) に示す状態においても同様に注目領域移動ベクトル78が得られ、注目領域中心点Qは図13(c), (d) に示す状態に移動し、最終的に、注目 50

領域中心点Qと所定被写体候補76の輪郭線の交点Tが一致した状態で注目領域中心点Qは停止する。

【0087】ここで、上述した一定角度 α' の値であるが、頂角の角度が小さく、しかも α' の値が小さい値のときは、 α' 点は2つ、 $-\alpha'$ 点も2つ存在する。ところが、 α' がある値より大きくなると α' 点は1つ（ $-\alpha'$ 点も1つ）しか存在しなくなるが α' が90度未満であれば、少なくとも1つの α' 点は存在する。 α' 点が2つ存在するような条件下では、単に注目領域中心点から α' 点に向かう方向ベクトルを合成したものが注目領域を頂角へと移動させる注目領域移動ベクトルであるが問題となるのは α' 点が1つしか存在しないかまたは全く存在できない場合である。実験により、一定角度 α' の値が小さいと被写体の頂角が大きくなる程 α' 点が存在しなくなってしまう。したがって、どのような大きさの頂角に対しても注目領域が頂角に向かって移動するためには、まず α' 点が存在しなければならない。そこで、一定角度 α' の値は、90度に近い値が好ましいといえる。

【0088】また、位相シフト β' の値であるが、図14に示すように注目領域中心点Qと頂角とが同一水平線上にあり、頂角は水平線を挟んで上下に対称に広がり、かつ α' 点が1つしか存在しないような場合には、方位ベクトル77の合成ベクトルである注目領域移動ベクトル78は、頂角とは反対の方向を向いてしまう。このため図15に示すような位相シフト β' を加えて、注目領域移動ベクトル78が頂角の方向を向くようにするには、少なくとも方位ベクトル77が注目領域中心点Qを通る垂線79の右側に達するまで位相シフト β' を加えてやればよい。この β' の値は、

$$\beta' > \alpha' - C / 2$$

$$\text{かつ } 0 < \beta' < 90^\circ$$

（但しCは検出しようとしている頂角の値であり、 $0 < C < 360^\circ$ ）に設定される。

【0089】このようにして、適当な位相シフトと重み付けを加えることにより、所定被写体候補76の輪郭線がいかなる角度で交わっている場合にもその交点へと注目領域中心点Qを移動させることができる。

【0090】上述した所定被写体候補の頂角と注目領域中心点とが一致した場合に注目領域によって切り出される所定被写体候補は複素対数座標上においては図4(b)に示すように放射方向に対して平行な直線となる。すなわち、注目領域中心点を所定被写体候補の頂角に移動することは上述したe2層で検出した放射方向の輪郭線の成分を、できるかぎり放射方向に対して平行な成分の多い状態にすることと等価である。

【0091】以上のようにして求められたh1層における注目領域移動ベクトルおよびh2層における注目領域移動ベクトルはi層により適切に合成されて出力される。以下、i層の機能について説明する。

【0092】上述したh1層において決定される注目領域移動ベクトルおよびh2層において決定される注目領域移動ベクトルは、状況によりそれぞれ異なる場合がある。例えば、注目領域中心点が所定被写体の外側にある場合には、上述した2種類の注目領域移動ベクトルは同方向のベクトルとなるが、所定被写体のごく近傍や所定被写体の内部においては2種類の注目領域移動ベクトルは異なるものとなってくる。このため、h1層およびh2層で決定されるそれぞれのニューラルネットワークの出力をバランスよく利用すれば、目的とする所定被写体に応じた注目領域の移動を行うことができる。例えば、所定被写体の部分的な特徴形状をとらえて、学習等に利用したい場合には、i層においてh2層のニューラルネットワークの出力を重視し、また、所定被写体の全体をとらえたい場合には、i層においてh1層のニューラルネットワークの出力を重視する等すればよい。

【0093】上述した所定被写体候補の輪郭線に基づく注目領域移動ベクトルの算出と並行して、所定被写体候補の動きに基づく注目領域移動ベクトルの算出も行われる。

【0094】動画の場合には、背景に対し、動いている物体が所定被写体候補となり得る可能性が高い。そこで、背景をキャンセルし、動いている物体のみを抽出して注目領域を移動させることにより的確に所定被写体候補の抽出を行うことができる。

【0095】以下、探索ニューラルネット部3における物体の動きに基づく注目領域移動ベクトルの算出について説明する。

【0096】図16は、物体の動きに基づいて注目領域移動ベクトルの算出の基本的概念を表すブロック図である。なお、本実施例はニューラルネットワークを用いて画像から所定被写体候補であるヨットの候補を抽出するものとする。

【0097】図16に示すように、本実施例はニューラルネットワークのステップAにおいて、画像上に注目領域の中心点位置を設定して画像から注目領域の範囲の画像を取り込み、次いでステップBにおいて画像の動き、すなわち画像の画像面に平行な方向、面内回転方向および／または放射方向の動きを検出し、ステップCにおいて背景の動きをキャンセル（補償）する。さらに、ステップDにおいて、背景と異なる動きをしている物体、すなわち所定被写体候補を検出し、ステップEにおいてこの異なる動きをしている物体に注目領域を移動させるものである。

【0098】ここで、画像の動きについて説明する。画像の動きは、以下の3種類の動きに相当するものである。すなわち、

(1) 視線に垂直な面内での画像面に平行な動き（眼球運動、または画像入力器（カメラ等）が視線方向と垂直に移動するような動作に相当）

(2) 注視点を中心に拡大または縮小する動き（画像入力器が視線方向に沿って外界に近づくまたは遠ざかる動作に相当）

(3) 視線を軸に右または左に回転する動き（画像入力器が視線方向を軸として回転する動作に相当）

に相当するものである。逆に、どのような動きもこの3種類の動きに分類できるものである。

【0099】図17は、上述した画像の動きを検出するニューラルネットワークの一構成を表す図である。

【0100】このニューラルネットワークの入力は、所定の大きさの注目領域から入力される外界の画像である。また、出力は画像の移動方向を表す信号である。なお、上述した平行な動きは実空間においてスペースインバリエントであるため、動きの検出は実空間で行うのが好ましい。一方、拡大または縮小する動き、回転する動きについては、実空間ではスペースバリエントだが、複素対数座標空間に変換してやるとスペースインバリエントとして扱うことができるため、これらの動きの検出は複素対数座標空間で行うのが好ましい。

【0101】次に、このニューラルネットワークの各層の機能について説明する。このニューラルネットワークは、画像の平行な動きを検出するニューラルネットワーク10と、拡大または縮小の動きおよび回転の動きを検出するニューラルネットワーク20とに分けられる。また、本実施例におけるニューラルネットワークの基本構造は階層型である。画像の平行な動きを検出するニューラルネットワーク10は、所定の大きさの注目領域を有し、この注目領域の大きさに画像を切り出してニューラルネットワークに入力するA1層、切り出した画像に時間遅れを加えるA2層、A1層において切り出された画像中に存在する被写体の輪郭線を検出するC1層、A2層における画像中に存在する被写体の輪郭線を検出するC2層、C1層において輪郭線が検出された画像とC2層において輪郭線が検出された画像との差分を求めるD1層、D1層において求められた差分から、所定の方

向の成分だけを抽出するE1、E2、E3、E4層およびE1、E2、E3、E4層において抽出された輪郭線の成分に基づいて、画像の動きを平行な動きの方位として出力するF1層とから構成されている。

【0102】一方、ニューラルネットワーク20は、所定の大きさの注目領域を有し、この注目領域の大きさに画像を切り出してニューラルネットワークに入力するA3層、切り出した画像に時間遅れを加えるA4層、A3層において切り出された画像を複素対数座標変換するB1層、A4層における画像を複素対数座標変換するB2層、B1層において複素対数座標変換された画像中に存在する被写体の輪郭線を検出するC3層、B2層において複素対数座標変換された画像中に存在する被写体の輪郭線を検出するC4層、C3層において輪郭線が検出された画像とC2層において輪郭線が検出された画像との

差分を求めるD2層、D2層において求められた差分から、放射方向の成分だけを抽出するE5、E6層、D2層において求められた差分から円環方向の成分だけを抽出するE7、E8層、E5、E6層において抽出された輪郭線の成分に基づいて、画像の動きを拡大または縮小の動き、すなわち放射方向の方位として出力するF2層、E7、E8層において抽出された輪郭線の成分に基づいて、画像の動きを回転の動きの方位として出力するF3層とから構成されている。

【0103】なお、本実施例のニューラルネットワークにおいては、B層以降の各層間あるいは各層内のシナプス結合は、空間不変（スペースインバリエント）とした。これは、モデルシミュレーションや並列処理の実行容易性を考慮したためで、必ずしも空間不変である必要はない。しかし、空間不変としておくことで、各ニューロンの出力は、シナプス結合マトリックスと前段のニューロン層マトリックスとのコンボリューション（シナプス結合パターンとのマッチング）演算結果を、非線形関数に通したものに相当するので、ニューラルネットワークのシミュレーションを計算機上で行う場合、計算的な扱いが非常に楽になる。

【0104】なお、本実施例のニューラルネットワークでは正のニューロン信号と、正と負のシナプス結合を使用する。すなわち、正の信号が正の結合を通じて伝達されると、正の興奮信号として伝達され、負の結合を通じて伝達されると、負の興奮信号として伝達されるようなニューラルネットワークモデルであるが、ニューロン信号は正に限定されるものではなく、ニューロン信号として、正の興奮と負の興奮とがあり、シナプス結合にも正と負の結合があり、負の信号が負の結合を通じて伝達されると、正の興奮信号として伝達されるようなニューロンモデルを使用してもよいことはもちろんである。

【0105】まず、ニューラルネットワーク10の機能について説明する。最初に、A1層において、図18(a)に示す時刻 t における所定の大きさの注目領域の範囲の画像11Aが切り出される。一方、A2層において、図18(b)に示す時刻 $t + \alpha$ における所定の大きさの注目領域の範囲の画像11Bが切り出される。ここで時刻 $t + \alpha$ における画像11Bは、カメラ等の画像入力器の動きとは逆の画像面に平行な動きが加わったものであり、画像11Bは画像11Aと比較して画像が下から上（画像入力器は上から下）に動いている。なお、図18(a)、(b)においては、各画像の白部は信号強度が大きく、黒部は信号強度が小さいことを表している。次いでC1層、C2層において、それぞれA1層、A2層において切り出された画像11A、11B中に存在する被写体の輪郭線が検出される。すなわち、図19に示すような輪郭線抽出シナプス結合12により画像11A、11Bの重み付けられた信号として伝達され、図20(a)、(b)の画像13A、13Bに示すような画像11A、11Bの輪郭線が検出される。

【0106】次いでD1層においてC1層で輪郭線が検出された画像13Aと、C2層で輪郭線が検出された画像13Bとの差分、すなわち（画像13A－画像13B）が行われ、図21に示す画像14が得られる。すなわち、D1層では、C1層におけるニューロン信号を正の重みで受け取り、C2層におけるニューロン信号をすべて負の重みで受けるようになっている。なお、図9における斜線部は、信号値が0であることを表している。さらに、E1、E2、E3、E4層において、画像面に平行な方向の動き検出シナプス結合により重み付けられた信号として伝達され、それぞれの方向を表す成分が抽出される。なお、ここでは簡単のため、図22に示す下から上成分抽出シナプス結合15と右から左成分抽出シナプス結合16とにより、下から上方向および右から左方向の動きの2成分のみを抽出するものとする。この下から上成分抽出シナプス結合15と右から左成分抽出シナプス結合16とにより画像14の重み付けられた信号として伝達された結果を、それぞれ図23(a)の画像17A、図23(b)の画像17Bに示す。E1、E2、E3、E4層において抽出された輪郭線の動き成分はF1層に入力される。次いでF1層からF1'、F1"にかけてのニューラルネットワークによって、どの方向への動きがあったかが検出され、画像面に平行な方向の動きの方位として出力される。すなわち、本実施例においては、図23(a)の画像17Aに示すように、下から上成分が最も信号強度が高くなることから、下から上の動きがあったことを示すニューロンSxからは大きな信号が出力され、右から左方向への動きがあったことを示すニューロンSyからは信号が出力されない。

【0107】次いで、ニューラルネットワーク20の機能について説明する。

【0108】まず、カメラ等の画像入力器が画像に接近しながら、画像の切り出しを行った場合について説明する。

【0109】まず、最初に、A3層において、図24(a)に示す時刻tにおける所定の大きさの注目領域の範囲の画像21Aが切り出される。一方、A4層において、図24(b)に示す時刻t+αにおける所定の大きさの注目領域の範囲の画像21Bが切り出される。ここで時刻t+αにおける画像21Bは、カメラ等の画像入力器の接近する動きによって画像が拡大する動きが加わったものであり、画像21Bは画像21Aと比較して画像が拡大している。次いでB1層、B2層においてそれぞれA3層、A4層において切り出された画像21A、21Bの複素対数座標変換がなされ、図25(a)、(b)に示す画像22A、22Bを得る。

【0110】次いでC3層、C4層において、それぞれB1層、B2層において複素対数座標変換された画像22A、22B中に存在する被写体の輪郭線が検出される。すなわち、図19に示した輪郭線抽出シナプス結合12により画像22A、22Bの重み付けられた信号として伝達され、

図26(a)、(b)の画像23A、23Bに示すような画像22A、22Bの輪郭線が検出される。

【0111】次いでD2層においてC3層で輪郭線が検出された画像23Aと、C4層で輪郭線が検出された画像23Bとの差分、すなわち（画像23A－画像23B）が行われ、図27に示す画像24が得られる。さらに、E5、E6層において、放射方向の動き検出シナプス結合により重み付けられた信号として伝達され、それぞれの方向を表す成分が抽出される。すなわち、図28に示す拡大方向成分抽出シナプス結合25と縮小方向成分抽出シナプス結合26とにより、拡大、縮小による画像の放射方向の動きの成分を抽出するものである。この拡大方向成分抽出シナプス結合25と縮小方向成分抽出シナプス結合26とにより画像24の重み付けられた信号として伝達された結果を、それぞれ図29(a)の画像27A、図29(b)の画像27Bに示す。E5、E6層において抽出された輪郭線の動き成分はF2層に入力される。次いでF2層からF2'、F2"にかけてのニューラルネットワークによって、どの方向への動きがあったかが検出され、27A、27Bに示すように拡大方向成分の強度が高く縮小方向成分がほとんどないことから、拡大方向への動きがあったことを示すニューロンS1からは大きな信号が出力され、縮小方向への動きがあったことを示すニューロンSsからは信号が出力されない。

【0112】次いで画像入力器が、その注目領域の中心点のまわりに回転をしながら画像取り込みを行った場合について説明する。

【0113】まず、最初に、A3層において、図30(a)に示す時刻tにおける所定の大きさの注目領域の範囲の画像31Aが切り出される。一方、A4層において、図30(b)に示す時刻t+αにおける所定の大きさの注目領域の範囲の画像31Bが切り出される。ここで時刻t+αにおける画像31Bは、カメラ等の画像入力器の回転する動きにより回転の動きが加わったものであり、画像31Bは画像31Aと比較して画像が注目領域の中心点のまわりを右回転している。次いでB1層、B2層においてそれぞれA3層、A4層において切り出された画像31A、31Bの複素対数座標変換がなされ、図31(a)、(b)に示す画像32A、32Bを得る。次いでC3層、C4層において、それぞれB1層、B2層において複素対数座標変換された画像32A、32B中に存在する被写体の輪郭線が検出される。すなわち、図19に示した輪郭線抽出シナプス結合12により画像32A、32Bの重み付けられた信号として伝達され、図32(a)、(b)の画像33A、33Bに示すような画像32A、32Bの輪郭線が検出される。

【0114】次いでD2層においてC3層で輪郭線が検出された画像33Aと、C4層で輪郭線が検出された画像33Bとの差分、すなわち（画像33A－画像33B）が行われ、図33に示す画像34が得られる。さらに、E7、E8層において、回転方向の動き検出シナプス結合により重

み付けられた信号として伝達され、それぞれの回転方向を表す成分が抽出される。すなわち、図34に示す右回転方向成分抽出シナプス結合35と左回転方向成分抽出シナプス結合36とにより、下から上方向および右から左方向の動きの2成分のみを抽出するものとする。この右回転方向成分抽出シナプス結合35と左回転方向成分抽出シナプス結合36とにより画像34の重み付けられた信号として伝達された結果を、それぞれ図35(a)の画像37A、図35(b)の画像37Bに示す。E7、E8層において抽出された輪郭線の動き成分はF3層に入力される。次いでF3層からF3'、F3"にかけてのニューラルネットワークによって、どちらの回転方向の動きがあったかが検出され、面内回転方向の動きの方位として出力される。すなわち、本実施例においては、図35(a)、(b)の画像37A、37Bに示すように右回転方向成分の強度が高く左回転方向成分がほとんどないことから、右回転の動きがあったことを示すニューロンScwからは大きな信号が出力され、左回転の動きがあったことを示すニューロンScwからは信号が出力されない。

【0115】なお、上述したF1～F1'層、F2～F2'層およびF3～F3'層における差分輪郭線成分からの画像の動きの検出は、差分輪郭線の情報を、パーセプトロン型のニューラルネットワークに繰り返し入力し、同時に正しい判断を教師信号として与えて学習させることにより達成できる。そしてこれにより画像の動きの検出の可能なニューラルネットワークに成長させ、さまざまな画像からの差分輪郭線から、動きに関する正しい検出結果を出力として得ることができる。

【0116】以上のようにして求められた画像全体の動きから、ステップCにおいて、時間差 α をもつ2つの画像間に存在する画像全体、すなわち背景の動きの差成分をキャンセル(補償)することができる。すなわち、検出された画像の動きの方向と量とに応じて、検出された動きとは逆方向の動きを加えてやればよい。この背景の動きをキャンセルするためのフローチャートを図36に示す。例えば、図18(b)、図24(b)、図30(b)の画像11B、21B、31Bに示した画像に、それぞれの動きの検出結果である信号 S_1 、 S_2 、 S_3 を、この動きとは逆の方向に加えてやれば、いずれの画像からも、画像全体すなわち背景の動きがキャンセルされた画像を得ることができる。

【0117】次いで、ステップDにおいて、ステップCにおいて画像全体すなわち背景の動きをキャンセルした時刻 $t + \alpha$ の画像と時刻 t における画像との差分がさらに求められる。これによって背景の動きとは異なる動きをしている物体のみが抽出される。すなわち、図37(a)に示すように、背景の動きがキャンセルされた時刻 t における画像から輪郭線成分を抽出した画像41A、図37(b)に示す背景の動きがキャンセルされた時刻 $t + \alpha$ における画像から輪郭線成分を抽出した画像41Bとの差分

を求めれば、図38に示すような画像42を得ることができる。この画像42中に存在する物体すなわち、本実施例の画像中におけるヨットが、背景とは異なる動きをしている物体であり、この物体が所定被写体候補となる。

【0118】次いで、ステップEにおいて、この背景とは異なる動きをしている所定被写体候補に向けて注目領域の移動が行われる。図39はステップEにおける注目領域の移動を行うためのフローチャートを表す図である。ステップEにおいては、ステップDにおいて背景と異なる物体、すなわち所定被写体候補が複数ある場合に、最も所定被写体らしい所定被写体候補を絞り込み、次いでこの絞り込まれた所定被写体候補に向って注目領域を移動させるものである。図40は、この所定被写体候補に注目領域を移動させる機能を有するニューラルネットワークの構成を表す図である。このニューラルネットワークの構成は図3に示したニューラルネットワークと同一であるため、対応する記号に「'」を付し、詳細な説明は省略する。このニューラルネットワークの入力は図38に示す画像42、すなわち背景とは異なる動きをしている物体(所定被写体候補)の輪郭線の画像である。また、出力は、注目領域をどちらへどれだけ移動すべきかという注目領域移動量と移動方向である。これを二次元のベクトルと考え、以下注目領域移動ベクトルと呼ぶ。この注目領域移動ベクトルの長さは、その注目領域の中心点における不安定さを表わし、ベクトルの示す方向は、より注目領域が安定な状態に向う方向を示す。

【0119】このような所定被写体候補の輪郭線および動きに基づく注目領域移動ベクトルの算出と並行して、所定被写体候補の色に基づく注目領域移動ベクトルの算出も行われる。

【0120】図41は所定被写体候補の色に基づいて注目領域移動ベクトルを求めるニューラルネットワークの一構成を表わす図である。

【0121】このニューラルネットワークの入力は、本発明による輪郭線に基づいて注目領域移動ベクトルを算出する実施例と同様に、時刻 t における所定の大きさの注目領域から入力される外界の画像である。また、出力は、注目領域をどちらへどれだけ移動すべきかという注目領域移動量と移動方向である。

【0122】本実施例におけるニューラルネットワークの基本構造は、動きに基づいて注目領域移動ベクトルを算出するニューラルネットワークおよび輪郭線に基づいて注目領域移動ベクトルを算出するニューラルネットワークと同様に階層型であるが、 e'' 層では相互結合もしているため複合型ともいえる。

【0123】次に、このニューラルネットワークの各層の機能について説明する。このニューラルネットワークは上述した所定被写体候補の動きに基づく注目領域移動ベクトルの算出および輪郭線に基づく注目領域移動ベクトルの算出の実施例と同様に、大きく3つのステップに

分けられている。

【0124】画像上に注目領域中心点の位置を設定し、この画像から注目領域の範囲の画像を取り込むステップは、所定の大きさの注目領域を有しこの注目領域の大きさに画像を切り出してニューラルネットワークに入力するa''層、および入力された画像の複素対数座標変換（対数極座標変換）を行うb''層から構成される。

【0125】入力された画像から所定被写体候補を絞り込むステップは、所定被写体候補の色と略一致し、各領域の所定被写体候補の色の一致度を検出するc''、d''、e''層、色の一致度が高く、形状・大きさともに所定被写体により近い領域を選択する相互結合回路網層であるf''層から構成される。

【0126】所定被写体候補と注目領域との位置ずれ検出と、注目領域移動量の算出を行うステップは、所定被写体候補の色と略一致する領域のニューロン群の領域の方位と距離の検出層であるg''層、検出された方位と距離とに基づいて、注目領域の移動ベクトルを出力するi''層から構成されている。なお、本実施例のニューラルネットワークにおいては、上述した実施例と同様にb''層以降の各層間あるいは各層内のシナプス結合は、空間不変（スペースインバリエント）とした。

【0127】まず、a''層において、所定の大きさの注目領域の範囲の画像が切り出される。a''層においては、注目領域の中心点ほどニューロンが高密度に存在する。a''層において取り込まれた画像はb''層において、注目領域の中心点を極として複素対数座標変換される。このb''層において、画像を複素対数座標変換することで、b''層以降の処理を空間不変なシナプス結合とのコンボリューションで実現できることになる。

【0128】図42に、図37に示すニューラルネットワークのb''層において様々な図形が複素対数座標変換された結果を示す。複素対数座標変換では、所定被写体候補が極すなわち注目領域中心点の近くに存在する場合には相対的に大きく、遠くに存在する場合には相対的に小さく変換される。b''層のニューロンは変換された画像パターンの強度に対応して興奮する。

【0129】複素対数座標変換された画像に対応するニューロンの興奮パターンのb''層からc''層にかけてのシナプス結合によって、c''層では所定被写体候補の色と略一致する領域のニューロンが抽出されて発火する。ここで所定被写体候補の色と略一致する領域のニューロンを抽出するようなシナプス結合は、あらかじめバックプロパゲーション法などによって学習されたものを使用する。

【0130】本実施例では、所定被写体候補色との一致度を検出するニューラルネットワークとして、3層構造のニューラルネットワークを使用した一例について詳細に説明する。

【0131】図70は本発明の実施例によるニューラルネ

ットワークの図41におけるc''層、d''層およびe''層という部分だけを抽出し、より詳細に示した図である。

【0132】c''層からe''層をこの部分だけのものとして見るとこれは、c''層を入力層、d''層を中間層、e''層を出力層とする3層のニューラルネットワークにほかならない。

【0133】ここでc''層への入力信号は前段のニューロン層の各ニューロンからの色情報である。c''層ではまず、前段のニューロン層からの色情報を光の3原色（赤、緑、青）に分解し、それぞれの色情報を各1個のニューロンが受け取りそれぞれの入力とする。したがってc''層では一画素につき3個のニューロンが割り当てられているのである。c''層に入力された信号は、シナプス結合によって重み付けされて次段のd''層へと伝達される。なおc''層からd''層へのシナプス結合の重みを W_{ij} （iはc''層のニューロン、jはd''層のニューロン）で表す。

【0134】d''層は中間層と呼ばれるニューロン層で、一般に素子数は実行させる処理の複雑度に応じて適宜選択されるが、ここでは1画素につき5個のニューロンを割り当てるものとする。したがって一画素につき3個のニューロンから5個のニューロンへの信号伝達が15個のシナプス結合によって実行される。

【0135】続いて、d''層からe''層へと信号伝達が行なわれる。e''層は3層のニューラルネットワークの出力層に相当する。このニューラルネットワークは、所定被写体候補色との一致度を検出するものであり、ある1画素の所定被写体候補色との一致度は1個のニューロンの興奮度として表現できるので、1画素について1個のニューロンが割り当てられる。したがってd''層からe''層への信号伝達は1画素あたり5個のシナプス結合によって実行される。なおd''層からe''層へのシナプス結合の重みを W_{ij} （iはd''層のニューロン、jはe''層のニューロン）で表す。

【0136】実際には上記の様なニューロンやシナプスの結合は画素の数だけ存在しており、このようなc''層からe''層へのニューラルネットワークの信号伝達を、各画素ごとに同時に並列に実行することが可能である。なおこのニューラルネットワークでは、実行する処理が各画素で同一であるため、各画素ごとのニューロンの特性はもちろんシナプス結合の重みも同一のものを使用する。

【0137】上記のような、所定被写体候補色との一致度を検出する動作を実行させるためのシナプス結合は、ニューラルネットワークの学習によって得ることが可能である。例として、人間の顔の肌色を所定被写体候補の色とし、ある母集団から抽出した肌色の度数分布が色の一致度に比例すると定義した場合の、シナプス重みの値を表1に示す。

【0138】

表 1

W_{2ij}	$j = 0$	$j = 1$
	1	2.354928e+01
	2	-3.542386e+00
	3	-5.330564e+00
	4	-3.500605e+00
	5	-2.483954e+01
	6	5.161126e+00

$$x = (1.1302 + 1.6387r/(r+g+b) + 0.6215g/(r+g+b))/$$

$$y = \frac{(6.7846-3.0157r/(r+g+b)-0.3857g/(r+g+b))}{(6.7846-3.0157r/(r+g+b)-0.3857g/(r+g+b))} \quad (6)$$

$$y = \frac{(0.0601+0.9399r/(r+g+b)+4.5306g/(r+g+b))}{(6.7846-3.0157r/(r+g+b)-0.3857g/(r+g+b))} \quad (7)$$

但し、r：赤の色値

g：緑の色値

b：青の色値

このようにして学習されたシナプス結合の重みを用いて、c''層からe''層のニューラルネットワークで、所定被写体候補の色と抽出された領域との一致度を検出し、一致度をe''層のニューロンの興奮として出力することができる。

【0142】さらに続くf''層は、所定被写体候補と色の一致度が高く、しかも形状・大きさともに所定被写体候補として最も適当である領域が選択されるような競合協調のともに所定被写体候補として最も適当である領域が選択されるような競合協調の局所相互重み結合を有する相互結合層である。f''層内で各ニューロンは図43のシナプス結合パターン80に示すように、自分の近くのニューロンとは正の重みで、少し離れたニューロンとは負の重みでシナプス結合されている。このような内部相互結合によって興奮信号がやりとりされた結果、f層ではd層で興奮している所定被写体候補の色との一致度が高いニューロンからの信号を受けたニューロンのうち、所定の形状・大きさを持ち、しかも高い興奮強度すなわち、色の一致度を有するニューロン群の領域が選択され発火し、孤立した領域や色の一致度の低い領域のニューロンは発火しない。すなわち、図43に示すe層において抽出された領域81、82、83のうち、領域81の肌色との一致度が前述した色度図において1.0、領域82の一致度が0.9、領域83の一致度が0.2であったとすると、領域83は、領域81および領域82と比べて、肌色との一致度が小さいため、領域81および領域82と領域83とが競合した際に抑制されて消されてしまう。一方、領域81と領域82とは、肌色との一致度は領域81の方が大きいため、領域81と領域82とが競合することにより、領域82は消されてしまう。また、領域81は肌色との一致度が大きいため、領域81内のニューロン同士が協調し合い、より領域81におけるニューロンの興奮状態は大きくなる。このため、e''層において競合協調がなされた結果、領域81のみが選択されることとなる。

【0143】次に、以上のようにして選択された所定被写体候補の色と一致度の高いニューロン群の発火領域の成分からの注目領域移動ベクトルの求め方について説明する。

【0144】図44は本発明の実施例によるニューラルネットワークの図41におけるf''層、g''層およびi''層の部分抽出し、より詳細に示した図である。

【0145】図44に示すように、各層間はシナプス結合によって結合されている。f''層は、ニューロンが2次元状に整列した構造になっている。f''層内で興奮して

いるニューロンの分布は、e''層内のシナプス相互結合によって選択された、所定被写体候補の色との一致度が高く、しかも形状・大きさともに所定被写体候補として最も適当である領域の成分に相当している。

【0146】f''層から、方位と距離とを検出するために、g''層へと興奮信号が伝達される。g''層は1次元に配列されたニューロン層で、e''層の同一方位にあるニューロン群からの信号を受けるようにシナプス結合によって結合されている。この結果、ニューロン群85の方位と距離に対応する、g''層のニューロン86が興奮する。このニューロン86の方位と興奮の強さが方位ベクトルを表すものである。

【0147】次に、このようにしてg''層において求められた方位と距離はi''層において合成されて注目領域移動ベクトルが決定される。この注目領域移動ベクトルの合成は極座標上で行っても実空間座標上で行ってもかまわないものであり、図44では実空間座標上で合成した場合を示す。ニューロン86からの興奮は、逆複素対数座標変換されながらi''層に伝達される。i''層では各方位ベクトルの重心が求められ、これが合成された注目領域移動ベクトルとして出力される。

【0148】ここで、前述した協調競合を行わないニューラルネットワークにより注目領域移動ベクトルを求める場合、複数のベクトルが検出されることがある。この際、e''層のニューロンに対して前述した図71に示すような重み、すなわち、注目領域中心点からの距離に応じた重みを加えるようにして、1つの注目領域移動ベクトルを選択すればよい。

【0149】また、協調競合を行っても複数の注目領域移動ベクトルが検出された場合も、e''層のニューロンに図71に示すような重みを加えるようにして、1つのベクトルのみを選択すればよい。これにより、複数のベクトルが検出されても、最も適切な対象被写体に向かう注目領域移動ベクトルを検出でき、また1つの注目領域移動ベクトルしか検出できなかった場合も、注目領域と対象被写体との距離が大きければ、注目領域移動ベクトルの大きさは小さくなる。

【0150】以下、上述した色に基づいて求められた注目領域移動ベクトルがいかにして注目領域を所定被写体候補の方向へと移動させるかについて説明する。

【0151】図45、46および47は注目領域の中心点が所定被写体候補の外側から、所定被写体候補の内部に移動する状態を複素対数座標と実空間座標とを対応させて表した図である。

【0152】まず、図45に示すように、所定被写体候補71が注目領域中心点Qを含まない場合、所定被写体候補71は1つのかたまりとして複素対数座標変換され、図45

10

20

30

40

50

の複素対数座標において、所定被写体候補の色と略一致する領域として検出される。さらに、競合協調の相互結合回路網である f'' 層において所定被写体候補71' を絞り込むと、局所的に所定被写体候補の色との一致度が高く、しかも適当な大きさを有する被写体候補領域のみが唯一または複数選択される（本実施例においては1つ）。次いで、選択された領域の方位と距離から注目領域73の移動ベクトル75が検出され出力される。この注目領域移動ベクトル75は、所定被写体候補71に向いているので、注目領域移動ベクトル75の値に応じて注目領域73を移動すれば、注目領域中心点Qは所定被写体候補71に近づくことができる。

【0153】次に、図46に示すように、所定被写体候補71と注目領域中心点Qとが、ある程度近づいて、注目領域71内に所定被写体候補71が入っている場合、複素対数変換された所定被写体候補71' は、全ての方位に広がる、所定被写体候補の色との一致度が高い領域として検出される。この状況で、競合協調の相互結合回路網によって所定被写体候補71' を絞り込むと、全方位に広がった同一候補の領域同士が抑制し合い、結果として、所定被写体候補71' の外縁と注目領域中心点Qとの距離が最大となっている方位のニューロン群だけが興奮でき、このニューロン群を含む領域87が検出される。次いで、その検出された領域87の方位と興奮強度から方位と距離とが検出され、注目領域73の移動ベクトル75が検出され出力される。この注目領域移動ベクトル75は、所定被写体候補71の中心に向いているので、注目領域移動ベクトル75の値に応じて注目領域73を移動すれば、注目領域中心点Qは所定被写体候補71にさらに近づくことができる。

【0154】最後に、図47に示すように、所定被写体候補71が注目領域中心点Qとほぼ同じ場所にまで近づいている場合、複素対数変換された所定被写体候補71' は、全ての方位に均等に広がる、所定被写体候補の色と略一致する領域として検出される。この状況で、競合協調の相互結合回路網によって所定被写体候補71を絞り込むと、全方位に均等に広がった同一候補の領域同士が競合し合い抑制し合うので、結果として、どの方位の領域も興奮できない。したがって、次いで検出される方位と距離は全て0になる。さらに同様に、注目領域73の移動ベクトルも長さ0になる。このように、注目領域移動ベクトルの値に応じて注目領域73を移動すれば、注目領域中心点Qの所定被写体候補71の中心における移動は停止する。

【0155】本発明の実施例によるニューラルネットワークは以上の動作を繰り返し、注目領域中心点を所定被写体候補の方向へ移動させる。ところが、この注目領域中心点の移動の途中に所定被写体候補とは異なる物体が

$$f(x) = \text{sigmoid}(x)$$

で示されるようにシグモイド関数である場合において、熱的ゆらぎが0ならばその入出力特性は前述した図68

存在する場合には、この物体の位置において、注目領域中心点が停止してしまう場合がある。これを、画像のポテンシャル場について考えると、注目領域中心点が、所定被写体候補よりも小さな別の物体の極小点にトラップされてしまうことである。

【0156】ここで「ポテンシャル場」について説明する。人間が、画像を見る際には、画像を見まわして、その画像の中にある所定の被写体の中心に視点を移動して、その部分が顔であるということを認識する。画像上においては、所定被写体から離れた位置では、視点を所定被写体に向けて大きく動かす必要があり、所定被写体の近傍では、わずかに視点を動かせば所定被写体に到達し、その所定被写体において視点は安定する。すなわち、視点を移動する方向と量を視点移動ベクトルとすると、この視点移動ベクトルは視点が現在ある位置からみた視点安定点の方向と、移動量を示すものであり、視点安定点、すなわち所定被写体の中心点においては、視点移動ベクトルは0となる。ここで画像に視点安定度の「場」というものがあると考えると、視点安定点ではその「場」は平坦であり、視点移動の必要な不安定点では「場」は傾いている。このように、視点移動ベクトルは「場」の傾きを表現していると思なすことができ、視点の移動は「場」のポテンシャルの低い方へと移動する動作に等しいと思なすことができる。この視点安定度の「場」を「ポテンシャル場」として、以後用いることとする。

【0157】ここで例えば図48(a) に示すような所定被写体候補である鳥が電線に止まっている状態の画像のポテンシャル場について考えると、画像88のI-I 線におけるポテンシャル場は図48(b) のグラフ91に示すように鳥89の中心点P₁ の位置に極小点P₁' を有するものであり、注目領域中心点がこの画像88上を移動する際は、中心点P₁ に向かって移動する。ところが、この画像88のポテンシャル場には、画像88の電線90のI-I 線上の点P₂ の位置に微小な極小点P₂' が存在する。したがって、この画像88において、注目領域中心点が鳥の中心点P₁ へ移動していく途中で、電線90のI-I 線上の点P₂ で停止してしまうと注目領域中心点が鳥の中心点P₁ へ到達することができなくなる恐れがあるため、この注目領域中心点の停止を防止する必要がある。

【0158】ここで、本実施例によるニューラルネットワークにアニーリング法を用いて、ニューロンの出力に熱的なゆらぎを加え、温度を高温にした後、徐々に温度を下げることによって、この注目領域中心点の停止を防止することができる。

【0159】例えばニューロンの入出力特性が、

$$\dots(8)$$

(a) に示すものになるが、これに熱的ゆらぎを加えることによって、ニューロンの入出力特性を、

$$f(x) = \text{sigmoid}(x + N \times \exp(-1/T) \times \text{RND}) \quad \dots(9)$$

但し N: Noise 成分定数

T: 温度パラメータ

RND: -1~1の範囲のランダム関数

とすることにより、前述した図68(b)に示すような誤差を持った入出力特性となり、図68(b)に示す斜線部の範囲で出力が確率的にばらつかせることができる。このようにニューロンの出力に高温の熱的なゆらぎを加えている状態、すなわち温度を高温にした状態ではニューロンの出力が誤差を有するものとなる。このため、本実施例におけるニューラルネットワークのf1層、f2層の出力にこのアニーリング法を用いれば、温度を高温にした際に生じる出力の大きな誤差をきっかけにして、図48(b)のグラフ91に示す微小な極小点P₁'に停止しそうになった場合に、極小点から脱出することができるのである。すなわち、図48(b)のグラフ91の点線で示すように、ニューロンの出力の熱的なゆらぎによって、注目領域中心点が停止しそうな状態、すなわち、ニューラルネットワークがトラップされそうな状態において、温度を上げていくと、注目領域中心点は微小極小安定点P₁'の壁を乗り越えることができ、その後温度を下げていく(アニーリング)ことにより、極小安定点P₁'を脱出

し、より安定な状態へと移行することができるのである。

【0160】上述したアニーリング法においては、注目領域中心点が微小極小点に停止しそうになった場合にのみ熱的なゆらぎを加えるようにしているが、ニューラルネットワークの任意の層のニューロンの出力に対して常に熱的なゆらぎを加えておき、いかなる状況においても注目領域中心点が画像中の微小な極小点に停止してしまうことを防止するようにしてもよい。

【0161】また、上述した実施例においては、ニューラルネットワークにアニーリング法を用いて、ニューロンの出力に熱的なゆらぎを加えることによって、画像中の所定被写体候補とは異なる物体の位置(ポテンシャル場の微小極小点)に注目領域中心点が停止してしまうことを防止するようにしているが、注目領域移動ベクトルに慣性項を加えることによって注目領域中心点の停止防止を行うようにしてもよい。この場合図3に示すニューラルネットワークのi層において出力される注目領域移動ベクトルに対して以下の特性を与える。

【0162】

【数1】

$$m(t) = m_f(t) + \int_{t_1}^{t_2} k(t') \cdot m(t') dt' \quad \dots(10)$$

但しm(t): 時刻tにおける注目領域中心点を実際に移動させる

注目領域移動ベクトル

m_f(t): 時刻tにおいてニューラルネットワークから出力さ

れた場の傾きから求められる注目領域移動ベクトル

k(t): 時間による減衰率

t₁, t₂: 過去の適当な時間であり、t > t₁ > t₂

【0163】式(10)において、積分の項が慣性項(慣性ベクトル)であり、ある時刻tからさかのぼった時刻t₁からt₂の間に、ニューラルネットワークのi層から出力された実際に注目領域中心点を移動させる注目領域移動ベクトルを時間による減衰率を乗じて時刻t₁からt₂の間で積分したものである。

【0164】ここで、図49に示すように注目領域中心点Qが移動して所定被写体候補である人間の顔93に近づいている場合に、注目領域中心点を移動させる注目領域移動ベクトルの近傍に、所定被写体候補とは異なる物体

(ここでは遠くに見える標識94)が存在する場合、この画像92のポテンシャル場を考えると最初に注目領域中心点が置かれた位置Aから注目領域移動ベクトルm₁, m₂, m₃に沿って移動してきた注目領域中心点は、注目領域移動ベクトルm_{f4}が標識94の方向に向いてしまうことによって標識94の方向へ移動してしまう。これでは

所定被写体候補である人間の顔93へと注目領域中心点を移動させることができないため、注目領域移動ベクトルm₁, m₂およびm₃に時間による減衰率を乗じたものを積分した慣性ベクトルm_kを加えることによって、注目領域移動ベクトルm_{f4}よりは顔93の方向を向いた注目領域移動ベクトルm_kを得る。この注目領域移動ベクトルm_kによって、注目領域中心点は標識94の方向へ移動しそうになっても顔93の方向を向くことができ、注目領域移動ベクトルm₃, m₄, m₁に沿って移動を続け、最終的に顔93の中心点で停止する。

【0165】このようにして、本実施例におけるニューラルネットワークは与えられた画像上において、注目領域中心点を所定被写体候補以外の物体の位置に停止させることなく、所定被写体候補の中心点の方向へ移動させる。注目領域移動ベクトルが零となり、注目領域中心点

が所定被写体候補の中心点と一致すると、注目領域停止

処理部 4 において所定被写体候補が切り出され（すなわち抽出され）、抽出された所定被写体候補は判定部に引き渡される。

【0166】この所定被写体候補の切り出しであるが、切り出しに際して、所定被写体候補の大きさおよび所定被写体候補内に含まれる特徴部分の位置に関係なく所定被写体候補を切り出してしまうと、次のステップである判定部に対して大きな負担となる。そこで、本発明の被写体認識方法においては、所定被写体候補を切り出す際には、いかなる所定被写体候補をも略同じ大きさかつ特徴部分の位置が略同一となるように所定被写体候補を正規化して切り出すようにして、所定被写体候補が何であるかを判定する判定部に対する負担を軽減し、また演算時間の短縮も可能にする。

【0167】また、上述した実施例においては、物体すなわち所定被写体候補の大きさに応じて、注目領域の大きさおよび注目領域移動ベクトルの大きさを変化させるようにしてもよい。例えば、上述した e 1 層において検出された円環方向の輪郭線の、複素対数座標上における放射方向の位置を検出することにより、注目領域中心点から所定被写体候補の輪郭線までの距離を検出し、この距離に応じて注目領域の大きさおよび注目領域移動ベクトルの大きさを変化させるようにすればよい。

【0168】以下、注目領域の大きさを変化させる方法について説明する。

【0169】人間は、外界から得られる視覚情報を処理する際に、意識的、あるいは無意識的に、特定のサイズの物体に注意を集中することができ、状況に応じてそのサイズの維持や切り換えを行っているように思われる。このような機構の存在する裏付けとしては、「不連続な大きさの文字で書かれた文章は読みにくい」とか、「極端に大きさの違う図形の認識はやりにくい」などの経験的事実がある。本実施例においては、このような注意の向けられている特定のサイズが注目領域のサイズに相当する。

【0170】注目領域のサイズの変換機構を本発明による被写体抽出方法のニューラルネットワークモデルに導入するには、まず、ニューラルネットの特性に、物体のサイズに対する感度の差を与えてやる。そして被探索画像に応じて、その感度差をうまくコントロールしてやればよい。

【0171】例えば、図 3 に示したニューラルネットワークの a 層と b 層との間のシナプス結合を、特定サイズの所定被写体候補に対して有利になるように設定してやればよい。すなわち、図 50 に示すように、注目領域内に、注目領域の大きさよりも小さい所定被写体候補が存在する場合には、a 層の中心付近と b 層とを結ぶシナプス結合の重みを大きくし（太い線）、a 層の周辺付近と b 層とを結ぶシナプス結合の重みを小さく（細い線）するようにすればよい。

【0172】また、注目領域のサイズを変更する方法としては、図 51 に示すように、ニューロン層間の物理的な結線状態はそのままにして、シナプス結合の重みを変更させる方法が挙げられる。例えば、小さな所定被写体候補を注目領域内に捕えた場合は、図 51 (a) に示すように a 層の中心付近と b 層とを結ぶシナプス結合の重みを大きくし、大きな所定被写体候補を捕えた場合は、図 51 (b) に示すように a 層の周辺付近と b 層とを結ぶシナプス結合の重みを大きくしてやればよい。

【0173】また、別の方法として、図 52 に示すように、ニューロン層間の結線状態そのものを変更して、被処理領域の大きさを変更する方法が挙げられる。すなわち、小さな所定被写体候補を捕えた場合は、図 52 (a) に示すように、a 層のニューロンの間隔を小さくし、大きな所定被写体候補を捕えた場合は、図 52 (b) に示すように、a 層のニューロンの間隔を大きくしてやればよい。

【0174】さらに、別の方法としては、a 層に画像を入力するための入力装置にズームレンズを使用し、入力される画像そのものの大きさを変化させるようにしてもよい。

【0175】また、注目領域移動ベクトルの大きさを変更する方法としては、i 層において得られた注目領域移動ベクトルにあるゲインを乗じてやればよい。すなわち、注目領域移動ベクトルをす速く移動させたい場合には、大きなゲインを乗じ、注目領域移動ベクトルを移動させたくないような場合には、小さなゲインもしくは 0 を乗じてやることにより注目領域移動ベクトルの大きさを小さくするもしくは 0 としてやればよい。

【0176】ここで、注目領域の大きさおよび注目領域移動ベクトルの大きさの制御方法について述べる。注目領域内に存在する所定被写体候補の大きさは、前述したニューラルネットワークの e 1, e 1' 層において検出され、ここで検出された所定被写体候補の大きさに応じて注目領域のサイズおよび注目領域移動ベクトルの大きさを変更するものである。この所定被写体候補の大きさを検出する方法としては、注目領域の中心点から放射方向の距離を横軸にとり、ニューロンの興奮度を縦軸にとったヒストグラムを求め、このヒストグラムを解析することにより所定被写体候補の大きさを検出する方法が挙げられる。

【0177】例えば、ヒストグラムが図 53 (a) に示すようなものの場合、ニューロンの興奮度は全体的に小さいため、注目領域内には所定被写体候補が存在しないとの判断がなされる。この場合は、注目領域のサイズを徐々に拡大させ、注目領域内により広範囲の画像が入力されるようにする。このように、注目領域のサイズを拡大することによって、注目領域付近に存在する所定被写体候補を注目領域の端に捕え、注目領域の所定被写体候補への移動を開始することができる。また、この際、注目領域移動ベクトルの大きさは 0 となるようにし、注目領域

が移動しないようにしておく。

【0178】次いで、図53(b)のように、注目領域中心点から離れた位置にヒストグラムのピークが存在するような場合には、所定被写体候補を注目領域の隅の方に捕え始めているとの判断がなされる。

【0179】この場合、注目領域のサイズは変化させず、注目領域がより速くこのピークの方へ移動するように注目領域移動ベクトルを大きくしてやる。このようにすることにより、注目領域は所定被写体候補へと速やかに移動することができる。

【0180】次いで図53(c)に示すように、ある程度のヒストグラムのピークが注目領域中心点の近くにある場合は、所定被写体候補を注目領域中心点付近に捕えているが、まだ注目領域中心点と所定被写体候補の中心とはずれているとの判断がなされる。このような状況では、注目領域のサイズが所定被写体候補のサイズに合うように、注目領域の大きさが変更される。これと同時に、注目領域移動ベクトルにもゲインが乗ぜられることなく、通常の移動速度で注目領域は移動される。

【0181】さらに、図53(d)に示すように、ヒストグラムに非常に大きなピークが存在する場合、注目領域中心点が所定被写体候補の略中心に到達しており注目領域の中心点を中心に、略等距離で所定被写体候補のエッジが存在しているとの判断がなされる。このような状況では、より微妙な所定被写体候補の中心点の探索と、よりの確かな所定被写体候補の大きさと注目領域のサイズの合せ込みを行うために注目領域移動ベクトルの大きさを小さくすることにより注目領域の速度を通常より遅くし、注目領域の大きさを所定被写体候補の大きさに合わせてやればよい。

【0182】このように、注目領域のサイズと注目領域移動ベクトルの大きさをすなわち注目領域の移動速度を変更することによって、大きさの異なる所定被写体候補が写し込まれているような画像から全ての所定被写体候補を抽出することができる。

【0183】ここで、例えば図54に示すような人間95が映し込まれた画像96から人間95を抽出する場合、最初に注目領域中心点が置かれた地点を Q_1 とすると、注目領域中心点 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 と次第に人間95に近づいてゆき、人間95の顔95aの中心点 Q_4 において停止する。そして注目領域停止処理部4において顔95aが正規化されて抽出され、判定部に引き渡される。この場合の顔95aの正規化とは、大きな顔、小さな顔、長い顔等の様々な形状の顔を縮小や拡大することによって略同一の大きさの円形の顔にして、顔の特徴部分である眼や口の位置をどの顔についても略同一の位置となるようにすることをする。

【0184】このように、所定被写体候補が抽出された後、本実施例のニューラルネットワークは、後述するように別の所定被写体候補を抽出するため再度注目領域を移動させるが、この際に、一度抽出した所定被写体候補の中心点に注目領域中心点が移動して、再度同じ所定被写体候補を抽出してしまう場合がある。この再抽出を防止するために、図28等に示したニューラルネットワークの構成におけるa層等の前に与えられた画像の大きさの範囲に対応してこの画像を映す網膜ニューロン層を設け、この網膜ニューロン層のニューロンに対して、以下のような特性を与える。

【0185】

【数2】

$$o_i(t) = \text{sigmoid}(i_i(t) - k_i(t) \int_{t_1}^t o_{i_1}(t') dt') \quad \dots (11)$$

【0186】但し $o_i(t)$: 時刻 t における i ニューロンの出力

$i_i(t)$: 時刻 t における i ニューロンへの出力

$k_i(t) = 0$: i ニューロンが所定被写体候補の外部にある場合

1 : i ニューロンが所定被写体候補の内部にある場合

式(11)において、積分の項は疲れが溜る項であり、ある時間 t から時間 t_1 だけさかのぼった一定時間内におけるあるニューロンが出力した出力量を時間で積分したものである。ここで注目領域中心点と所定被写体候補の中心点が一致した状態において、実空間座標上では、図55(a)に示すように注目領域97と所定被写体候補98の輪郭線とが同心円状となっており、これを複素対数座標変換すると図55(b)のe1層に示すように複素対数座標の略円環方向にのびる一本の直線となる。一方、網膜ニュー

ロン層のニューロンは、式(11)に表わす特性を有している。ここで図56に示すようにe1層における所定被写体候補98の輪郭線の内部と対応する領域99のニューロンにおいては、 $k_i(t) = 1$ 、所定被写体候補の輪郭線の外部と対応する部分のニューロンにおいては、 $k_i(t) = 0$ とすることにより、網膜ニューロン層の所定被写体候補である顔の内部にあるニューロンにのみ疲れが溜るようになる。したがって式(11)により、所定被写体候補でない領域のニューロンは疲れることがないため、ニューロンへの入力そのものを出力とすることができるが、所定被写体候補の領域のニューロンは、疲れが溜り、入力を受けても前述した疲れの項によって出力の低下を生じるようになる。この出力低下によって、所定被写体候補の領域からの信号は網膜ニューロン層の次の層へ伝達されることがなくなるため、注目領域は別の所定

40

50

被写体候補に向かって移動し、別の所定被写体候補を抽出するようになる。この疲れであるが、 $k_i(t)$ と t_i の値を適当に定めることにより、あるニューロンに常に入力がある場合には、そのニューロンからの出力は、時間とともに増減を振動的に繰り返すようになる。ここで t_i の値を無限大とすることによって、一度興奮したニューロンは2度と興奮することがなくなり、同一の所定被写体候補が再抽出されることはなくなる。

【0187】なお、上述した本発明の第1実施例においては、再抽出防止処理を、ニューラルネットワークの疲れの項を導入することにより行っているが、とくにこれに限られるものではなく、同一所定被写体候補を再度抽出しなければいかなる処理を施してもよい。例えば、一度抽出した所定被写体候補の領域の網膜ニューロン層のニューロンの出力を0とする処理を施すようにしてもよい。あるいは、網膜ニューロン層とは別にマスキング用のニューロン層を設定し、網膜ニューロン層における所定被写体候補を抽出した領域と対応する領域のマスキング用ニューロン層のニューロンからマスキング信号を出力させ、負のシナプス結合によって対応する位置の網膜ニューロンに抑制信号を伝達させ、網膜ニューロン層へのマスキングを施すようにしてもよい。

【0188】次に、注目領域の中心点が、所定被写体候補を抽出した等により、停止した場合の処理について説明する。

【0189】図57は注目領域中心点が停止した場合の処理についてのフローチャートを表す図である。

【0190】図57のフローチャートに示すように、本実施例における注目領域停止処理部4において注目領域中心点が停止したか否かが判断され、停止していない場合には、その旨を表す信号が探索ニューラルネット部3へ入力され、引き続き注目領域中心点は移動する。注目領域の中心点が停止している場合は、e1層における円環方向の協調、競合の結果から放射方向のヒストグラムを作成し、このヒストグラムを分析してヒストグラムがピークを有するか否かを判断する。ここで、図58に示すように注目領域71Aの中心点が人間の顔のような楕円形の所定被写体候補101の中心で停止した場合、e1層での協調、競合の結果は図59(a)に示すように、略円環方向にニューロンが興奮した状態となっている。この状態におけるヒストグラムは図59(b)に示すようにニューロンが興奮した部分にピークを有するものである。したがって注目領域停止処理部4は、注目領域71Aの中心点の停止が所定被写体候補101の発見によるものであると判断し、円109で囲まれた領域を所定被写体候補として抽出して、抽出された所定被写体候補101は前述したように判定部に引き渡される。

【0191】このようにして所定被写体候補101を抽出した後、注目領域71Aの中心点は抽出した所定被写体候補101の位置に停止してしまう。この状態のままでは、

次の所定被写体候補を探索し続けることができないため、注目領域71Aの中心点を大きく移動させる必要がある。すなわち注目領域71Aの中心点が停止した状態、すなわちニューロンの安定状態から注目領域71Aをランダム方向に（ここでは矢印105の方向）転移させ、注目領域71A'に示す位置に移動させるものである。この転移によって注目領域71A'内には、所定被写体候補104の一部が入ってくるため、注目領域71A'の中心点は、所定被写体候補104の中心点へと移動するようになる。

【0192】一方、図57に示すフローチャートにおいて、円環方向の協調、競合の結果のヒストグラムがピークを有さない場合は、注目領域停止処理部4はe2層における放射方向の協調、競合の結果から円環方向のヒストグラムを作成し、このヒストグラムを分析してヒストグラムがピークを有するか否かを判断する。ここで、ヒストグラムがピークを有している場合、注目領域停止処理部4は、図58の注目領域71Bに示すように、注目領域71Bの中心点が所定被写体候補102の輪郭線上にあるかまたは注目領域71Dに示すように、注目領域71Dの中心点が所定被写体候補103の頂角にある可能性が高いと判断し、ヒストグラムのピークの方角、すなわち所定被写体候補102もしくは103の輪郭線に沿った方向へ注目領域71Bもしくは71Dの中心点を転移させ、注目領域71B'もしくは71D'に示す位置に移動させる。ここで、注目領域71Bもしくは71Dの中心点を輪郭線に沿った方向（矢印106または108に示す方向）へ転移させるのは、輪郭線に沿った方向には所定被写体候補102の特徴点である輪郭線の交点等が存在する可能性が高いためである。

【0193】一方、図58に示すように注目領域71Cの中心点が所定被写体候補が存在しないような位置で停止した場合には、注目領域71C内には、ニューロンを興奮させるような物体が存在しないため、このような状態においても注目領域71Cの中心点は停止してしまう。この状態においては、e1層およびe2層の協調、競合の結果から得られるヒストグラムは何らピークを有しないものであるため、図57のフローチャートに示すように注目領域停止処理部4は、注目領域中心点は注目領域71C内に所定被写体候補が全く存在しないために停止したものと判断し、注目領域71Cの中心点をランダムな方向（ここでは矢印107に示す方向）へ転移させる。この転移によって注目領域71C'内には所定被写体候補104の一部が入ってくるため、注目領域71C'の中心点は、所定被写体候補104の中心点へと移動するようになる。

【0194】上述した実施例においては、注目領域の中心点が停止した状態からの注目領域中心点の転移を、注目領域停止処理部4の判断により行っているがニューラルネットワークにアニーリング法を用いて行ってもよい。

【0195】ここで、アニーリング法とは、前述したよ

うにニューラルネットワークにおいて、あるニューロンが入力信号を受けて、これを出力するときにニューロンの入出力特性関数にのっとった形で出力するのではなく、このニューロン自体が熱的なゆらぎを持った出力を示す、つまりノイズを含んだ出力を示すようにし、このノイズが加わる程度を温度の高低で表し、温度を上下させることによってニューラルネットワークの系の状態を安定状態から崩して別の安定状態に移動させてやることを狙った方法である。

【0196】したがって、ニューロンの入出力特性が前述した式(8)で示されるようなシグモイド関数である場合に、式(9)で表される入出力特性をニューロンに与えておくことにより、前述した図68(b)に示すような誤差を持った入出力特性となり、図68(b)に示す斜線部の範囲で出力が確率的にばらつくのである。この熱的ゆらぎの量を大きくする、すなわち温度の高温時には、各ニューロンの出力が誤差を持っているため、その誤差をきっかけにして、ニューラルネットワークの安定状態から脱出できるのである。

【0197】また、ニューラルネットワークの疲れの項を導入することにより安定状態からの脱出を行ってもよい。この場合、図28等に示したニューラルネットワークの構成におけるa層の前に、前述したように与えられた画像の大きさの範囲に対応してこの画像を映す網膜ニューロン層を設け、この網膜ニューロン層のニューロンに対して式(11)で表示されるような特性を与える。

【0198】ここで、この一定時間内に注目領域の中心点が移動しなかった場合に前述した注目領域停止処理部4は注目領域中心点は停止したものと判断し、網膜ニューロン層における注目領域中心点が停止した位置における注目領域の範囲と対応するニューロンに対しては、式(11)において $k_i(t) = 1$ 、注目領域の範囲外のニューロンに対しては $k_i(t) = 0$ とすることにより、網膜ニューロン層の注目領域位置の範囲内のニューロンにのみ疲れが溜るようになる。したがって式(11)により、注目領域の範囲以外の領域のニューロンは疲れることがないため、ニューロンへの入力そのものを出力とすることができ、注目領域の範囲内のニューロンは、疲れが溜り、入力を受けても前述した疲れの項によって出力の低下を生じるようになる。この出力低下によって、注目領域の範囲内の領域からの信号は網膜ニューロン層の次の層へ伝達されることがなくなるため、注目領域中心点は別の所定被写体候補に向かって移動するようになる。この疲れであるが、 $k_i(t)$ と t_i の値を適当に定めることにより、あるニューロンに常に入力がある場合には、そのニューロンからの出力は、時間とともに増減を振動的に繰り返すようになる。ここで t_i の値を無限大とすることによって、一度興奮したニューロンは2度と興奮することがなくなり、一度注目領域中心点が停止した位置においては、再度注目領域中心点が停止すること

はなくなる。

【0199】次に、本発明による被写体抽出方法の第2実施例について説明する。

【0200】本発明による被写体抽出方法の第2実施例は、所定被写体候補の動きに基づいて、注目領域移動ベクトルを求める実施例においては、抽出された背景とは異なる動きをする所定被写体候補の輪郭線を、所定被写体候補の輪郭線および所定被写体候補の色に基づいて注目領域移動ベクトルを求める実施例においては、時刻 t における所定の大きさの注目領域の範囲で切り出した画像を複素対数座標変換しないで実空間座標状のニューロン配列をしたニューラルネットワークを用いて注目領域移動ベクトルを求めるものである。

【0201】図60は本発明の第2実施例による所定被写体候補の中心に注目領域中心点を移動させることによって所定被写体候補の抽出を行うニューラルネットワークの1例を表わす図である。まず、所定被写体候補の動きに基づいて注目領域移動ベクトルを求める実施例において求められた、背景とは異なる動きをする所定被写体候補の輪郭線および所定被写体候補の輪郭線に基づいて注目領域移動ベクトルを求めるために、注目領域の範囲の画像を入力するニューラルネットワークについて説明する。本発明の第2実施例のニューラルネットワークは、与えられた画像110から所定の大きさの注目領域の範囲に画像を切り出す(所定被写体候補の動きに基づいて注目領域移動ベクトルを求める場合は、図26に示すような背景とは異なる動きをする所定被写体候補の輪郭線の画像42)入力層120、切り出した画像(または入力された画像)から所定被写体候補の円弧状の輪郭線を検出する輪郭線検出層121、切り出した画像から所定被写体候補の放射状の輪郭線を検出する輪郭線検出層121'、放射状の輪郭線の端点を検出する端点検出層122、連続する円弧状の輪郭線を選択する相互結合層123、連続する放射状の輪郭線を選択する相互結合層123'、選択された円弧状の輪郭線から注目領域中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた輪郭線の成分を全て抽出する傾き成分抽出層124、選択された放射状の輪郭線から注目領域中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた輪郭線の成分を全て抽出する傾き成分抽出層124'、抽出された円弧状の輪郭線成分から所定被写体候補の注目領域中心点を囲む同心円の円周方向に対する方位ベクトルである方位と強度とを検出する方位ベクトル検出層125、抽出された放射状の輪郭線成分から所定被写体候補の注目領域中心点を囲む同心円の円周方向に対する方位ベクトルである方位と強度とを検出する方位ベクトル検出層125'、検出された円弧状の輪郭線の成分の方位と強度とから方位ベクトルを合成する方位ベクトル合成層126、検出された放射状の輪郭線の成分の方位と強度とから方位ベクトルを合成する方位ベクトル合成層126'および合成された各方位ベクトルから注目領域

移動ベクトルを決定する注目領域移動ベクトル出力層127のニューロン層からなる。すなわち入力層120は図28または図36における複素対数座標で注目領域移動ベクトルを求めるニューラルネットワークのa, a'層と、輪郭線検出層121, 121'はc1, c1'層, c2, c2'層と、端点検出層122はd, d'層と、相互結合層123, 123'はe1, e1'層, e2, e2'層と、傾き成分抽出層124, 124'はf1, f1'層, f2, f2'層と、方位ベクトル検出層125, 125'はg1, g1'層, g2, g2'層と、方位ベクトル合成層126, 126'はh1, h1'層, h2, h2'層と、そして注目領域移動ベクトル出力層127はi, i'層とそれぞれ対応している。

【0202】まず入力層120において、所定の大きさの注目領域の範囲の画像が切り出されて外界から取り込まれる(または、図26に示す画像42が入力される)。入力層120において取り込まれた画像は輪郭線検出層121, 121'において円弧状および放射状の輪郭線が検出される。この検出を行なうために、入力層120から輪郭線検出層121, 121'へのシナプス結合の重みはそれぞれ図61(a)、図63(a)に示すように設定されている。すなわち、輪郭線検出層121においては注目領域中心点を取り囲むように円弧状の輪郭線を検出しやすいようなシナプス結合が同心円状に配置され、しかもそのシナプス結合のサイズは、注目領域中心点に近いほど結合範囲が狭くなるようなシナプス結合群128となっている。一方、輪郭線検出層121'においては、注目領域中心点の中心から放射状に延びる輪郭線を検出しやすいような同心円状に配置され、しかもそのシナプス結合のサイズはシナプス結合群128と同様に注目領域中心点に近いほど結合範囲が狭くなるようなシナプス結合群128'となっている。ここで、中心点までの距離に応じて結合範囲が変化するの、複素対数座標変換を行なう第1実施例において、放射方向の距離が非線形に対数変換されるのに対応している。円弧状および放射状の輪郭線が検出されると、次いで端点検出層122においては、放射状の輪郭線が検出された輪郭線検出層122'の画像から、ある所定被写体候補が手前に存在する別の物体に遮ぎられた場合にその境界で発生する放射状の輪郭線の端点を抽出する。次いで相互結合層123, 123'において連続する円弧状および放射状の輪郭線が選択される。相互結合層123の層内で互いに結合しているシナプス結合の重みは図61(b)に示すように設定されており、注目領域中心点Qを中心として注目領域中心点Qをとり囲む形で円周方向の輪郭線は互いに協調し合い、円周方向に連続性が高く、しかも強度が強い輪郭線は強調されて、背景等により円周方向に途切れていた輪郭線は連続するようになる一方で放射方向の輪郭線は円周方向に連続性が高く強度が強い輪郭線と競合し、円周方向の輪郭線が発する抑制信号により抑制されて消去されるようなシナプス結合群

129となっている。一方、相互結合層123'の層内での互いに結合しているシナプス結合の重みは図63(b)に示すように設定されており、注目領域中心点Qを中心として注目領域中心点Qをとり囲む形で放射方向の輪郭線は互いに協調し合い、放射方向に連続性が高く、しかも強度が強い輪郭線は強調されて、背景等により放射方向に途切れていた輪郭線は連続するようになる一方で、円周方向の輪郭線は放射方向に連続性が高く強度が輪郭線と競合し、放射方向の輪郭線が発する抑制信号により抑制されて消去されるようなシナプス結合群129'となっている。次に傾き成分抽出層124, 124'において、選択された輪郭線から注目領域中心点を囲む同心円の円周方向に対して所定角度傾いた輪郭線の成分が全て抽出される。

【0203】ここで、相互結合層123から傾き成分抽出層124へのシナプス結合の重みは傾き成分抽出層124aおよび124bにおいてそれぞれ図61(c)および(d)に示すようになっており、図61(c)の輪郭線検出シナプス結合130は注目領域中心点を取り囲む同心円群の円周方向に対して右上りに、図61(d)の輪郭線検出シナプス結合131は左上りにそれぞれ一定角度 α , $-\alpha$ 傾いており、かつそのシナプス結合のサイズは、注目領域中心点に近いほど結合範囲が狭くなるようなシナプス結合群130, 131となっている。そして、このシナプス結合群により、所定被写体候補の円弧状の輪郭線が注目領域の中心点を中心とする円周に沿った方向に対して所定の角度傾いた部分を検出するものである。例えば図62に示すような位置に円形の所定被写体候補132が存在する場合には、相互結合層123で選択された所定被写体候補の輪郭線132のうち、右上がりの傾き成分がシナプス結合群130の中のシナプス結合130aにより検出され、左上がりの傾き成分がシナプス結合群131の中のシナプス結合131aにより検出される。このようにして検出された各傾き成分の方位と強度のうち右上がりの傾き成分の方位と強度が方位ベクトル検出層125aにおいて、左上がりの傾き成分の方位と強度が方位ベクトル検出層125bにおいてそれぞれ検出される。次いで方位ベクトル合成層126において、方位ベクトル検出層125a, 125bにおいて検出された方位と強度とから方位ベクトルが合成される。このようにして合成された方位ベクトルは注目領域移動ベクトル出力層127へと伝達され、注目領域移動ベクトルとして出力される。

【0204】一方、相互結合層123'から傾き成分抽出層124'へのシナプス結合の重みは傾き成分抽出層124a'および124b'についてそれぞれ図63(c)および(d)に示すようになっており、図63(c)の輪郭線検出シナプス結合130'は注目領域中心点を取り囲む同心円群の円周方向に対して左上りに、図63(d)の輪郭線検出シナプス結合121'は右上りにそれぞれ一定角度 α' , $-\alpha'$ 傾いておりかつそのシナプス結合のサイズは、注目

領域中心点に近いほど結合範囲が狭くなるようなシナプス結合群130'、131'となっている。そして、このシナプス結合群により、所定被写体候補の放射状の輪郭線が注目領域の中心点を中心とする円周に沿った方向に対して所定の角度傾いた部分を検出するものである。例えば図64に示すような位置に所定被写体候補132'の輪郭線の交点が存在する場合には、相互結合層123'で選択された所定被写体候補の輪郭線132'のうち、左上がりの傾き成分がシナプス結合群130'の中のシナプス結合130a'により検出され、右上がりの傾き成分がシナプス結合群131'の中のシナプス結合131a'により検出される。このようにして検出された各傾き成分の方位と強度のうち左上がりの傾き成分の方位と強度が方位ベクトル検出層125a'において、右上がりの傾き成分の方位と強度が方位ベクトル検出層125b'においてそれぞれ検出される。次いで方位ベクトル合成層126'において、方位ベクトル検出層125a'、125b'において検出された方位と強度とから方位ベクトルが合成される。このようにして合成された方位ベクトルは注目領域移動ベクトル出力層127へと伝達され、注目領域移動ベクトルとして出力される。

【0205】このようにして方位ベクトル合成層126、126'において合成された注目領域移動ベクトルは注目領域中心点が置かれた情況によりそれぞれ異なるものであるが、前述した本発明による被写体抽出方法の第1実施例と同様に、注目領域移動ベクトル出力層127において2種類の注目領域移動ベクトルの出力をバランス良く利用することにより、いかなる情況においても所定の位置に注目領域を移動することが可能となる。

【0206】また、動きに基づく注目領域移動ベクトルおよび輪郭線に基づく注目領域移動ベクトルの算出と並行して、所定被写体候補の色に基づく注目領域移動ベクトルの算出も行われる。

【0207】図65は本発明の実施例による所定被写体候補の中心に注目領域中心点を移動させることによって所定被写体候補の抽出を行うニューラルネットワークの1例を表わす図である。図65に示すニューラルネットワークは、与えられた画像140から所定の大きさの注目領域の範囲に画像を切り出す入力層150、切り出した画像から所定被写体候補の色と略一致する領域のニューロンを抽出し、この領域と所定被写体候補の色との一致度を検出するニューラルネットワーク層152、153、154、所定の大きさと強度をもつ色領域を選択する相互結合層154、選択された色領域の方位と強度とを検出する方位ベクトル検出層155、その方位ベクトルを合成して、注目領域の移動ベクトルが出力する注目領域移動ベクトル出力層156のニューロン層からなる。

【0208】すなわち入力層150は図41における複素対数座標で注目領域移動ベクトルを求めるニューラルネットワークのa''層と、ニューラルネットワーク層151、

152、153はc''層と、相互結合層154はf''層と、方位ベクトル検出層155はg''層と、注目領域移動ベクトル出力層156はi''層とそれぞれ対応している。

【0209】まず入力層150において、所定の大きさの注目領域の範囲の画像が切り出されて外界から取り込まれる。入力層150において取り込まれた画像は、ニューラルネットワーク層151において、所定被写体候補の色と略一致する色の領域が抽出され、この領域と所定被写体候補の色との一致度が検出される。所定被写体候補の色との一致度が検出されると、次いで相互結合層154において所定被写体候補の色との一致度が高い領域のニューロン群が選択される。次に選択された所定被写体候補の色との一致度が高い領域のうち、形状・大きさともに所定被写体候補として最も適当であるとされた領域のニューロン群の成分が全て抽出される。

【0210】ここで、相互結合層154の内部の、所定の大きさと強度をもつ色領域を選択する相互結合のシナプス結合の重みは、図66に示すようになっており、図66の所定被写体候補と色との一致度が高いニューロン群検出シナプス結合160は、注目領域中心点に近いほど結合範囲が狭くなるようなシナプス結合群160となっている。そして、このシナプス結合群により、所定被写体候補と色との一致度が高いニューロン群を検出するものである。次いで、方位ベクトル検出層155において検出された方位と距離とから方位ベクトルが合成される。このようにして合成された方位ベクトルは注目領域移動ベクトル出力層156へと伝達され、注目領域移動ベクトルとして出力される。

【0211】次いで上述した所定被写体候補の動きに基づいて注目領域移動ベクトルを求めるニューラルネットワーク、所定被写体候補の輪郭線に基づいて注目領域移動ベクトルを求めるニューラルネットワークおよび所定被写体候補の色に基づいて注目領域移動ベクトルを求めるニューラルネットワークの3つのニューラルネットワークにより求められた3種類の注目領域移動ベクトルは、求めるべき所定被写体候補に合わせて適切に合成され、最終的な注目領域移動ベクトルが求められる。この最終的に求められた注目領域移動ベクトルに基づいて注目領域は所定被写体候補の方向に移動させられるのである。

【0212】上述したように、注目領域が移動されて、所定被写体候補の中心位置まで到達すると、前述した本発明の実施例と同様に所定被写体候補を正規化して切り出して、判定部に送り、この所定被写体候補が所定被写体であるか否かの判定がなされる。

【0213】上述した本発明による被写体抽出方法の第2実施例においては、本発明の第1実施例と同様に、ニューラルネットワークのアニーリング法等によりニューロンの出力に熱的ゆらぎを加え、画像中の微小極小点に注目領域が停止することを防止するようにしてもよい。

この際、本発明の第2実施例によるニューラルネットワークにおける傾き成分抽出層124、124'のニューロンの出力に、前述した式(9)に示すような特性を与えておけばよい。

【0214】また、本発明の第1実施例と同様に注目領域移動ベクトル出力層127において出力される注目領域移動ベクトルに対し、式(10)に示されるような特性を与え、慣性項を加えることにより注目領域微小極小点で停止することを防止するようにしてもよい。

【0215】また、本発明の第2実施例において、所定被写体候補を抽出した後に、ニューラルネットワークの疲れの項の導入、あるいはマスキング等の処理を施すことにより、一度抽出した所定被写体候補に対して再抽出防止処理を施すようにしてもよい。例えば、本発明の第2実施例における入力層の前に前述したような網膜ニューロン層を設け、この網膜ニューロン層に対して式(11)に示されるような特性を与えておく。ここで図67に示すように、本実施例におけるニューラルネットワークの相互結合層123において強調された所定被写体候補の内部と対応する部分123Aのニューロンにおいては $k_i(t) = 1$ 、所定被写体候補の輪郭線の外部と対応する部分のニューロンにおいては $k_i(t) = 0$ とすることにより、網膜ニューロン層161の所定被写体候補である顔162Aの内部にあるニューロンにのみ疲れが溜るようになる。したがって式(11)により、所定被写体候補でない領域のニューロンは疲れることがないため、ニューロンへの入力そのものを出力とすることができ、所定被写体候補の領域のニューロンは、疲れが溜り、入力を受けても前述した疲れの項によって出力の低下を生じるようになる。この出力低下によって、所定被写体候補の領域からの信号は網膜ニューロン層161の次の層へ伝達されることがなくなるため、注目領域は別の所定被写体候補に向かって移動し、別の所定被写体候補を抽出するようになる。この疲れであるが、前述したように $k_i(t)$ と t_i の値を適当に定めることにより、あるニューロンに常に入力がある場合には、そのニューロンからの出力は、時間とともに増減を振動的に繰り返すようになる。ここで t_i の値を無限大とすることによって、一度興奮したニューロンは2度と興奮することがなくなり、同一の所定被写体候補が再抽出されることはなくなる。

【0216】さらに、本発明の第1実施例と同様に、傾き成分抽出層124、124'にアニーリング法等を用いてニューロンの入出力特性に熱的ゆらぎを加える、あるいは前述した網膜ニューロン層に疲れの項を導入することにより、注目領域が停止した状態から再度注目領域が所定方向に移動するような処理を施すようにしてもよい。

【0217】なお、上述した本発明による実施例においては、所定被写体候補を抽出した後に、この所定被写体

候補が所定被写体であるか否かを判定するようにしているが、所定被写体候補の抽出後にこの所定被写体候補を所定被写体として、ニューラルネットワークの学習に用いるようにしてもよい。本発明によって抽出した所定被写体候補は正規化されており、また所定被写体である可能性も高いため、効率良くニューラルネットワークの学習を行うことができる。

【0218】また、上述した本発明による実施例においては、ニューラルネットワークを用いて所定被写体候補の抽出を行っているが、とくにニューラルネットワークを用いる必要はなく、いかなる手法を用いてもよいことはもちろんである。

【0219】また、上述した所定被写体候補の動きに基づいて注目領域移動ベクトルを求める実施例においては、画像の画像面に平行な方向の動きを検出する際には実空間座標上で、放射方向と面内回転方向の動きを検出する際には、画像を複素対数座標変換してから検出を行っているが、画像の動きを検出する際には、とくに複素対数座標変換する必要はなく、実空間座標上で行ってもかまわないものである。また、画像の画像面に平行な方向の動きを検出する際に、複素対数座標変換して検出を行うようにしてもよい。また、上述した所定被写体候補の動きに基づいて注目領域移動ベクトルを求める実施例においては、画像の画像面に平行な方向、面内回転方向および放射方向の3種の動きを検出するようにしているが、とくに画像の動きが一定の場合（例えば画像面に平行な方向の動きのみ）は、1種の動き（例えば画像面に平行な方向のみ）を検出するようにしてもよい。

【0220】また、上記実施例においては、画像からの注目領域の範囲の画像の切り出しから注目領域の移動までの全てのステップ、あるいは再抽出防止処理、熱的ゆらぎの加算、疲れの項の導入のためにニューラルネットワークを用いているが、とくに全てのステップに用いる必要はなく、被写体抽出の少なくとも1つのステップに用いればよい。また、所定被写体候補の切り出しをニューラルネットワークを用いて行うようにしてもよいことはもちろんである。

【0221】また、上記実施例においては、本発明の被写体抽出方法を人の顔またはヨットの抽出のために用いているが、抽出はこれらに限定されるものではなく、いかなる所定被写体の抽出にも用いることができる。この場合、抽出にニューラルネットワークを用いて、抽出を行う被写体に適した構成で学習を行えば、人の顔またはヨットの抽出と同じように効率的に抽出を行うことができる。

【0222】さらに、本発明による被写体抽出方法は人の顔等が映し込まれた静止画像からの所定被写体候補の抽出のみでなく、所定被写体候補が移動する動画の追跡にも用いることができる。この場合、前述した本発明の所定被写体候補の抽出の実施例に見られるように注目

領域を移動させて、移動する所定被写体候補を追跡して所定被写体候補を抽出し、この動く所定被写体候補が所定被写体であるか否かを判定してやればよい。

【0223】さらに、上述した実施例においては、所定被写体候補の動き、輪郭線および色の３種類の特徴に基づいて求められた３種類の注目領域移動ベクトルを合成して最終的な注目領域移動ベクトルを求めるようにしているが、とくにこれには限定されず、所定被写体候補の輪郭線と色とから、所定被写体候補の輪郭線と動きとから、または所定被写体候補の動きと色とから注目領域移動ベクトルを求めるようにしてもよい。さらに、所定被写体候補の動き、輪郭線、色のうち任意の１つのみに基づいて注目領域移動ベクトルを求めるようにしてもよい。

【0224】また、上述した実施例においては、所定被写体候補の輪郭線に基づいて注目領域移動ベクトルを求めるニューラルネットワークにのみ、再抽出防止処理、疲れの項の導入、熱的ゆらぎの加算等を行っているが、所定被写体候補の色、動きに基づいて注目領域移動ベクトルを求めるニューラルネットワークに、再抽出防止処理等を行ってもよいことはもちろんである。

【0225】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、発明による被写体抽出方法は、画像から高精度に所定被写体候補を抽出することができるため、抽出した所定被写体候補が所定被写体であるか否かを判定する判定ステップや学習等の抽出の次のステップへの負担が著しく軽減され、本発明を用いたシステムの能力を向上させることが可能となる。

【0226】また、本発明による被写体抽出方法は、所定被写体候補という注目領域内の限定された領域のみを、抽出のための演算対象とすることができるため、画像サイズがいかに大きくなろうとも演算規模の巨大化を防止することができる。

【0227】また、所定被写体候補の動きに基づいて注目領域移動ベクトルを求める被写体抽出方法は、カメラ等の画像入力器自身が動くようなシステムにおいて、画像に含まれる背景とは異なる動きをする物体へ注目領域を移動させることができ、さらには、この物体を抽出することが可能となる。また、画像から効率良く所定被写体候補を抽出することができるため、判別や学習等の抽出の次のステップへの負担が著しく軽減され、演算時間を短縮でき、本発明を用いたシステムの能力を向上させることが可能となる。

【0228】また、本発明による被写体抽出方法は、同一画像中に複数の所定被写体候補が存在する場合でも、一度抽出した所定被写体候補を再度抽出してしまうことを防止することができるため、画像から高精度に所定被写体候補を抽出することができ、効率良く所定被写体候補を抽出することが可能となる。

【0229】また、本発明による被写体抽出方法は、画像から高精度に所定被写体候補を抽出するとともに、注目領域中心点が画像上を所定被写体候補に向かって移動している途中において所定被写体候補とは異なる物体の位置で停止しそうになっても、注目領域中心点が停止してしまうことを防止することができるため、効率良く注目領域中心点を移動させて所定被写体候補の抽出を行うことができる。

【0230】また、ニューラルネットワークを用いて所定被写体候補の抽出、注目領域中心点の停止防止のための処理（疲れの項の付加、アニーリング法、慣性項付加）を行えば、より精度良く所定被写体候補の抽出を行うことができ、本発明を用いたシステムの能力を向上させることが可能となる。

【0231】さらに、本発明による被写体抽出方法は、画像から高精度に所定被写体候補を抽出するとともに、注目領域の中心点が画像上で停止してしまった場合にも、その停止した状態から脱出して再度所定被写体候補を探索することができるため、効率良く所定被写体候補の抽出を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明による被写体抽出方法のフローチャートを表す図

【図２】人間の視点が図形のどの部分において安定するかを説明するための図

【図３】所定被写体候補の輪郭線に基づいて注目領域移動ベクトルを求めるためのニューラルネットワークの一構成を表す図

【図４】様々な図形が複素対数座標変換された結果を示す図

【図５】c 1 層および c 2 層において輪郭線を抽出するシナプス結合を表す図

【図６】c 1 層において抽出された輪郭線が協調、競合する状態を表す図

【図７】c 2 層において抽出された輪郭線が協調、競合する状態を表す図

【図８】円環方向の輪郭線から円環方向に対してある一定角度傾いた成分が抽出される状態を表す図

【図９】放射方向の輪郭線から円環方向に対してある一定角度傾いた成分が抽出される状態を表す図

【図１０】本発明の第１実施例によるニューラルネットワークの図２８における e 1 層、f 1 層、g 1 層、h 1 層および i 層部分を抽出した図

【図１１】ニューロンの出力に加える重み付けを表す図

【図１２】注目領域が所定被写体候補の中心点へ移動する状態を複素対数座標と実空間座標とを対応させて表した図

【図１３】注目領域が所定被写体候補の輪郭線の交点へ移動する状態を複素対数座標と実空間座標とを対応させ

て表した図

【図 1 4】注目領域の中心点が所定被写体候補の内側から輪郭線の交線に向かう場合の注目領域の移動方向の決定方法を表わす図

【図 1 5】位相シフトを加えることによって注目領域の移動方向を決定する方法を表わす図

【図 1 6】本発明による被写体抽出方法の第 1 のステップである所定被写体候補の抽出を行う実施例の基本的概念を示すブロック図

【図 1 7】本発明による被写体抽出方法の第 1 のステップである所定被写体候補の動きに基づいて所定被写体候補の抽出を行うニューラルネットワークにおける画像の背景の動きを検出する部分を表わす図

【図 1 8】時刻 t および時刻 $t + \alpha$ における画像を表す図

【図 1 9】輪郭線抽出シナプス結合を表す図

【図 2 0】時刻 t および時刻 $t + \alpha$ における画像の輪郭線を表す図

【図 2 1】時刻 t および時刻 $t + \alpha$ における画像の輪郭線の差分を表す図

【図 2 2】下から上方向への動き成分抽出シナプス結合と右から左への動き成分抽出シナプス結合を表す図

【図 2 3】輪郭線の平行方向の動き成分が抽出された画像を表す図

【図 2 4】時刻 t および時刻 $t + \alpha$ における画像を表す図

【図 2 5】時刻 t および時刻 $t + \alpha$ における画像を複素対数座標変換した画像を表す図

【図 2 6】時刻 t および時刻 $t + \alpha$ における画像を複素対数座標変換した画像の輪郭線を表す図

【図 2 7】時刻 t および時刻 $t + \alpha$ における画像を複素対数座標変換した画像の輪郭線の差分を表す図

【図 2 8】拡大方向成分抽出シナプス結合と縮小方向成分抽出シナプス結合を表す図

【図 2 9】輪郭線の放射方向の動き成分が抽出された画像を表す図

【図 3 0】時刻 t および時刻 $t + \alpha$ における画像を表す図

【図 3 1】時刻 t および時刻 $t + \alpha$ における画像を複素対数座標変換した画像を表す図

【図 3 2】時刻 t および時刻 $t + \alpha$ における画像を複素対数座標変換した画像の輪郭線を表す図

【図 3 3】時刻 t および時刻 $t + \alpha$ における画像を複素対数座標変換した画像の輪郭線の差分を表す図

【図 3 4】右回転方向成分抽出シナプス結合と左回転方向成分抽出シナプス結合を表す図

【図 3 5】輪郭線の回転方向の動き成分が抽出された画像を表す図

【図 3 6】画像の背景の動きをキャンセルするためのフローチャートを表す図

【図 3 7】背景の動きがキャンセルされた時刻 t と時刻 $t + \alpha$ における画像を表す図

【図 3 8】背景の動きがキャンセルされた画像を表す図

【図 3 9】所定被写体候補の抽出の基本的概念を表す図

【図 4 0】本発明の所定被写体候補の動きに基づいて注目領域移動ベクトルを算出する実施例による所定被写体候補の抽出を行うニューラルネットワークの一例を表す図

【図 4 1】本発明の実施例による所定被写体候補の色に基づいて所定被写体候補の抽出を行うニューラルネットワークの一例を表わす図

【図 4 2】様々な図形が複素対数座標変換された結果を示す図

【図 4 3】色の一致度の高い領域が選択されるような競合協調の局所相互重み結合を表わす図

【図 4 4】本発明の第 1 実施例によるニューラルネットワークの図 4 1 における e 層、 g 層および i 層部分を抽出した図

【図 4 5】注目領域が所定被写体候補の中心点へ移動する状態を複素対数座標と実空間座標とを対応させて表した第 1 の図

【図 4 6】注目領域が所定被写体候補の中心点へ移動する状態を複素対数座標と実空間座標とを対応させて表した第 2 の図

【図 4 7】注目領域が所定被写体候補の中心点へ移動する状態を複素対数座標と実空間座標とを対応させて表した第 3 の図

【図 4 8】鳥が電線に止まっている画像をポテンシャル場のグラフと対応させて表した図

【図 4 9】慣性項の合成を説明するための図

【図 5 0】所定被写体候補のサイズに対する感度の差をニューラルネットワークに与える例を表す図

【図 5 1】シナプス結合の重みを変えて注目領域のサイズを変更する例を表す図

【図 5 2】シナプス結合の結線状態を変えて注目領域のサイズを変更する例を表す図

【図 5 3】注目領域のサイズを制御するためのニューロンの興奮度のヒストグラムを表す図

【図 5 4】人間が映し込まれた画像上を注目領域中心点が移動する状態を表わす図

【図 5 5】注目領域中心点と所定被写体候補が一致した状態を表す図

【図 5 6】本発明の第 1 実施例により、再抽出防止処理がなされる状態を表す図

【図 5 7】本発明の実施例による注目領域の中心点の停止情況によって、注目領域をいかにジャンプさせるかを説明するためのフローチャート

【図 5 8】本発明の実施例により、注目領域の中心点の停止情況によって、注目領域をいかにジャンプさせるかを説明するための図

【図59】e1層における円環方向の協調、競合の結果を調べ、放射方向のヒストグラムを作成する状態を表す図

【図60】本発明の第2実施例による注目領域中心点を所定被写体候補の中心へ移動させることによって所定被写体候補の抽出を行うニューラルネットワークの1例を表わす図

【図61】本発明の第2実施例によるニューラルネットワークの各層のシナプス結合の重みを表わす図

【図62】本発明の第2実施例により、注目領域中心点と所定被写体候補の偏心度が検出される状態を表わす図

【図63】本発明の第2実施例による注目領域中心点を所定被写体候補の輪郭線の交線へ移動させるニューラルネットワークの各層のシナプス結合の重みを表わす図

【図64】本発明の第2実施例の注目領域中心点を所定被写体候補の輪郭線の交線へ移動させることにより注目領域中心点と所定被写体候補の偏心度が検出される状態を表わす図

【図65】本発明の第2実施例による注目領域中心点を所定被写体候補の中心へ移動させることによって所定被写体候補の抽出を行うニューラルネットワークの1例を表わす図

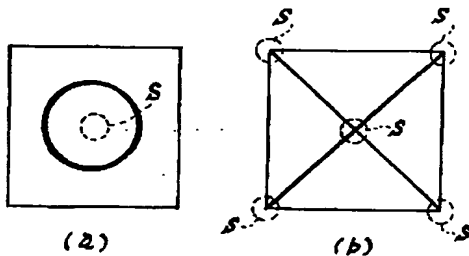
【図66】本発明の第2実施例による注目領域中心点を所定被写体候補の色と略一致する領域へ移動させるニューラルネットワークの各層のシナプス結合の重みを表わす図

【図67】本発明の第2実施例により、再抽出防止処理がなされる状態を表す図

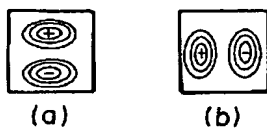
【図68】アニーリング法によるニューロンの入出力特性を表すグラフおよびこの入出力特性に熱的ゆらぎを加えた状態を表す図

【図69】色度図を表す図

【図2】



【図5】



【図70】本発明の第2実施例による注目領域中心点を所定被写体候補の中心へ移動させることによって所定被写体候補の抽出を行うニューラルネットワークの1例を表す図

【図71】本発明の第2実施例によるニューラルネットワークの各層のシナプス結合の重みを表す図

【符号の説明】

3 探索ニューラルネット部

4 注目領域停止処理部

11A, 11B, 11C 時刻 t における画像

12 輪郭線抽出シナプス結合

14, 24, 34 時刻 t における画像と時刻 t + α における画像の差分を表す画像

42 背景の動きがキャンセルされた画像

60 所定被写体候補の輪郭線のうち円環方向に連続性の高い成分

61, 64, 65, 66, 85, 86 ニューロン

62, 63 シナプス結合

71, 76 所定被写体候補

20 73 注目領域

74, 74', 77, 77' 方位ベクトル

75, 78 注目領域移動ベクトル

95 人間

96 画像

105 楕円

106 三角形

107 四角形

108 ポテンシャル場の傾きを表わすグラフ

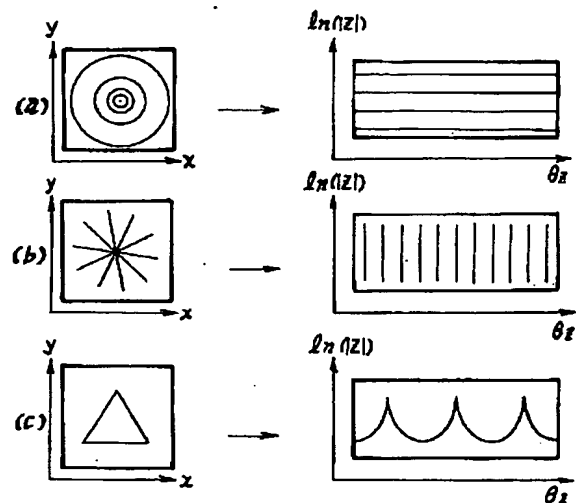
Q 注目領域中心点

30 O 所定被写体の中心点

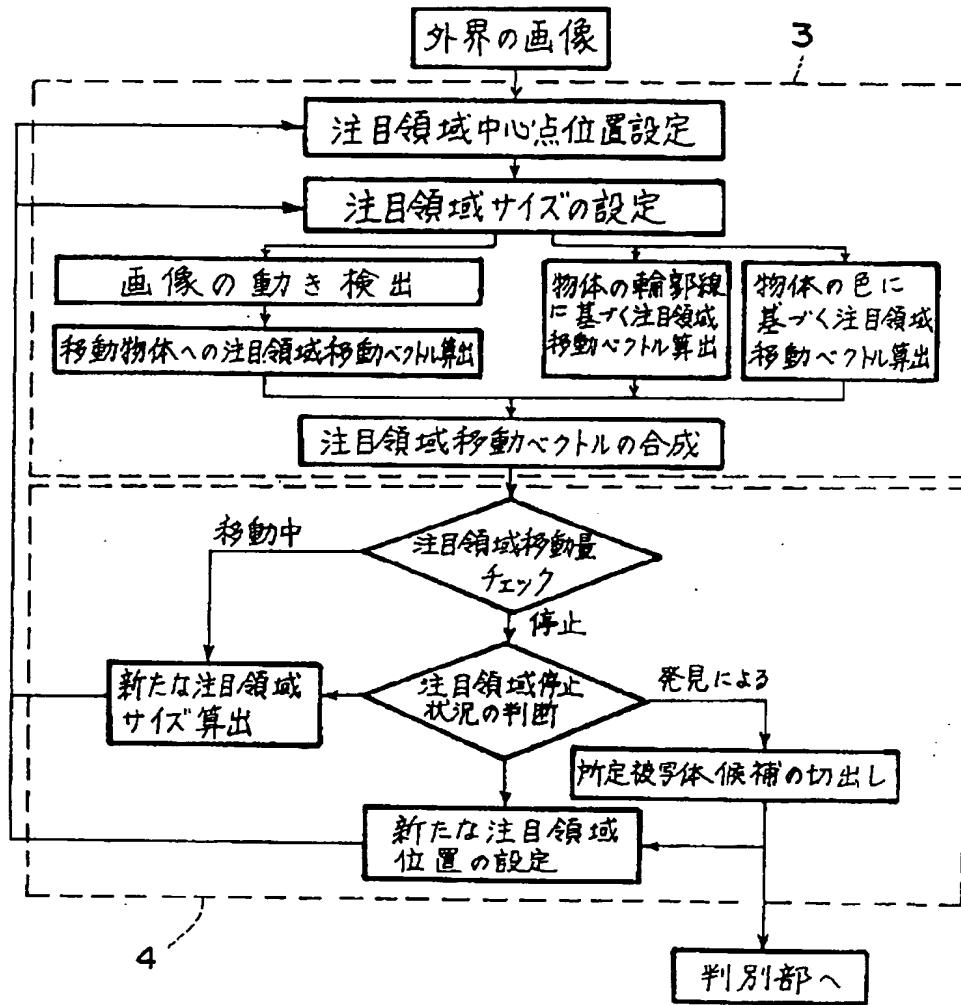
P₁, P₂, P₃ 所定被写体候補の中心点

P₁', P₂', P₃' ポテンシャル場の極小点

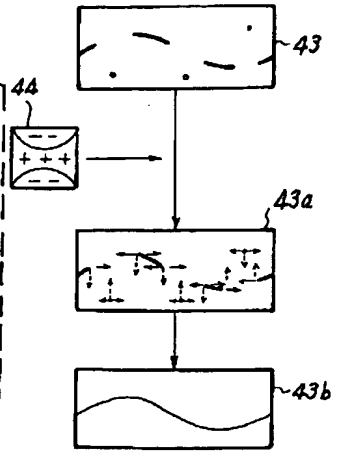
【図4】



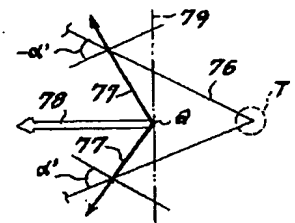
【図 1】



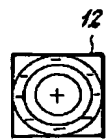
【図 6】



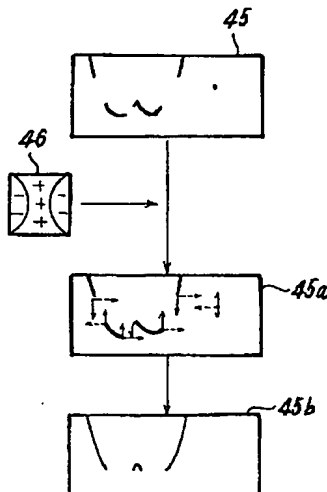
【図 14】



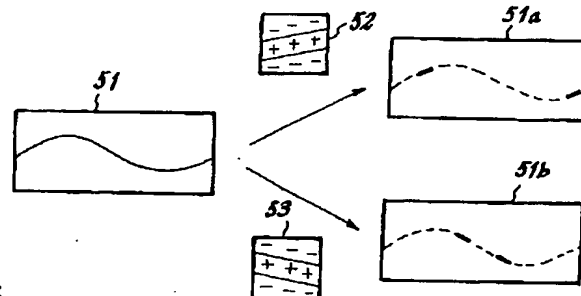
【図 19】



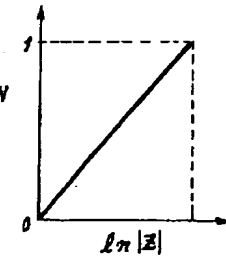
【図 7】



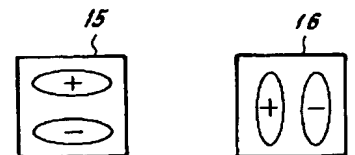
【図 8】



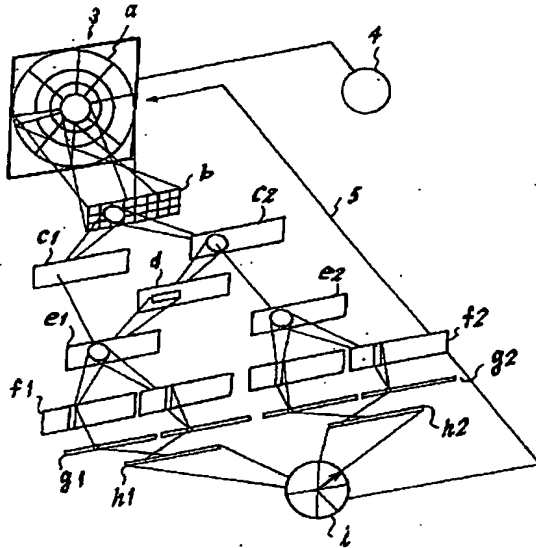
【図 11】



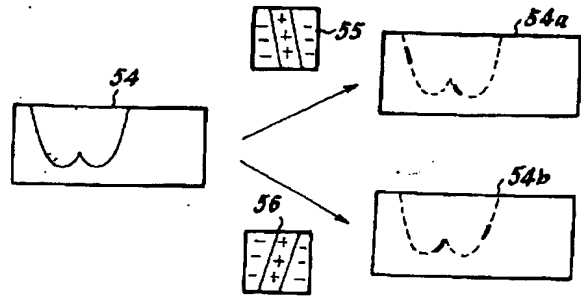
【図 22】



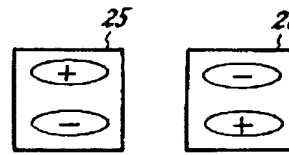
【図3】



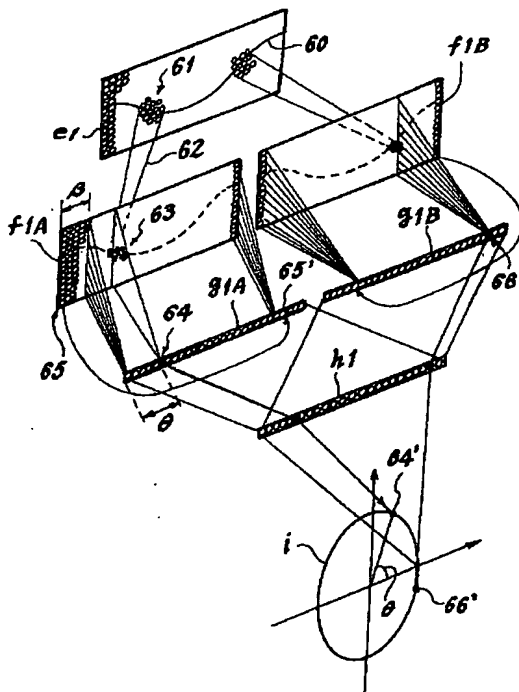
【図9】



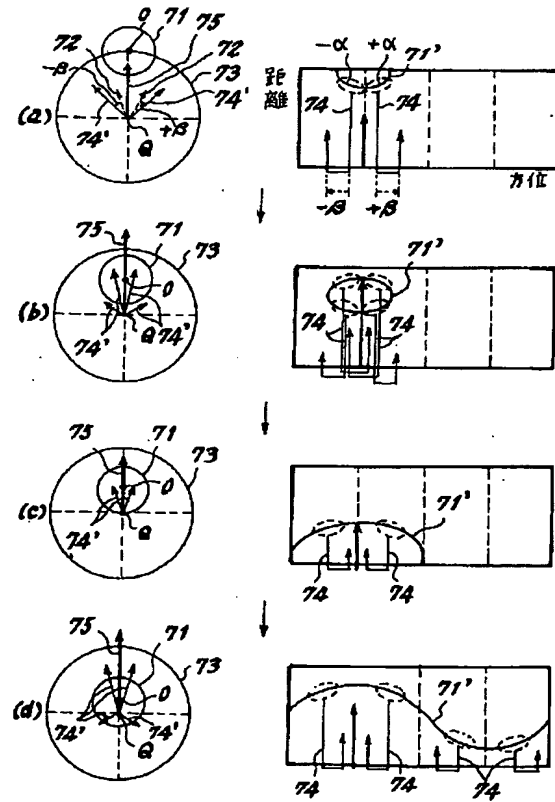
【図28】



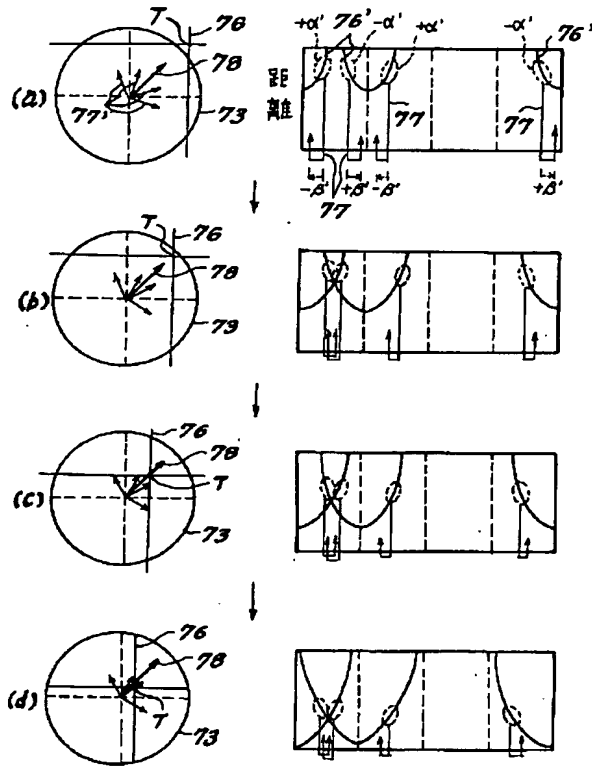
【図10】



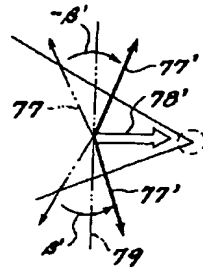
【図12】



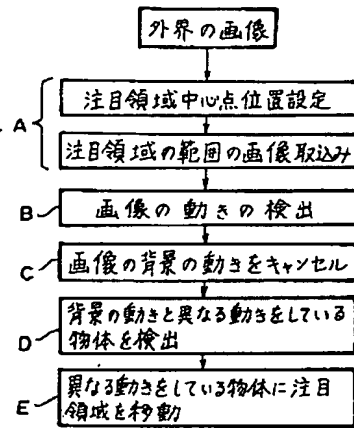
【図13】



【図15】



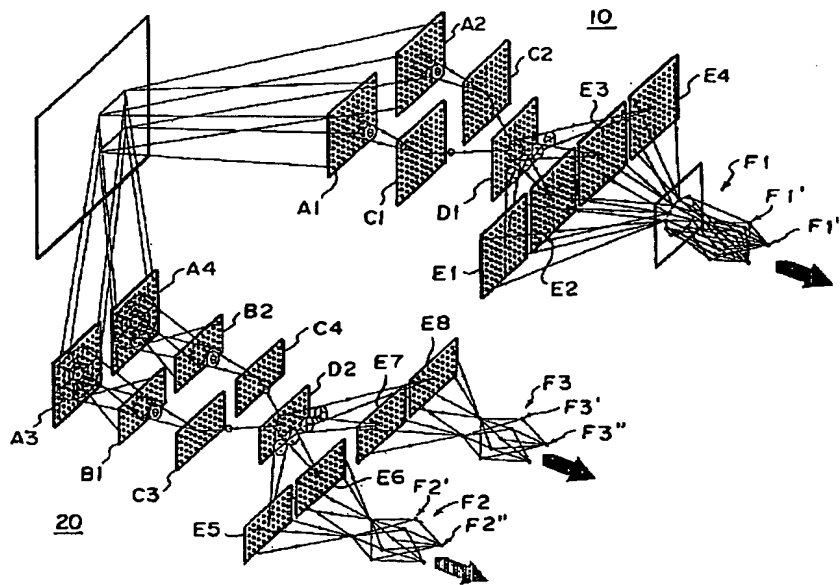
【図16】



【図26】



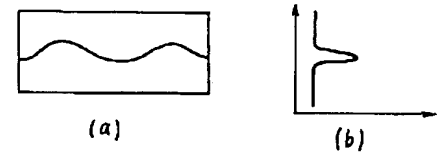
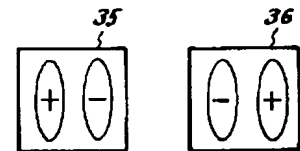
【図17】



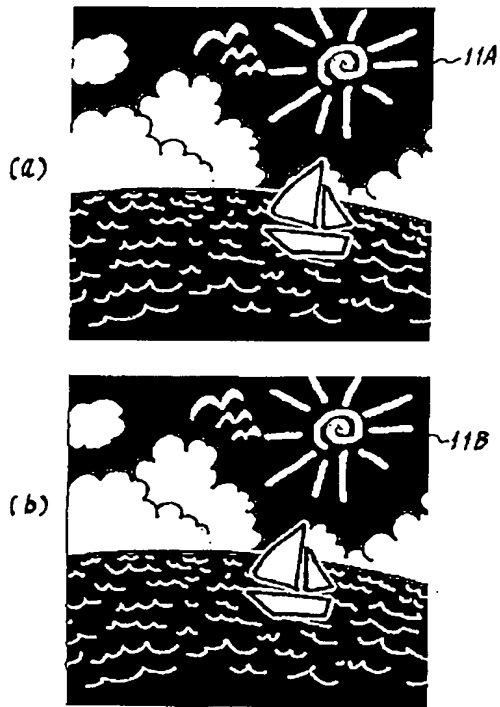
【図34】



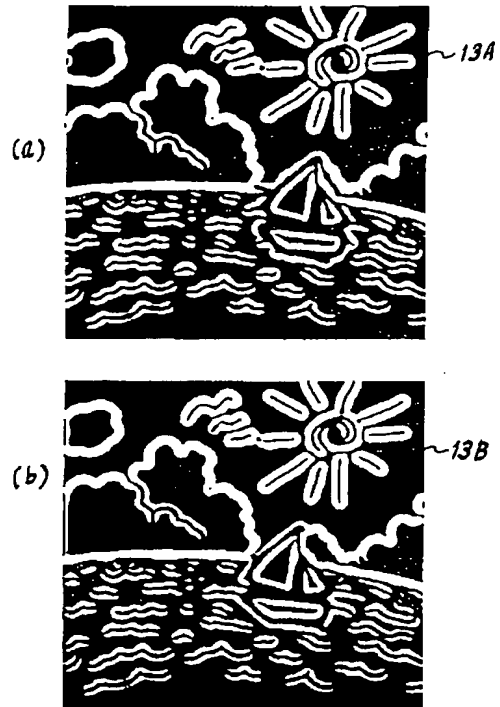
【図59】



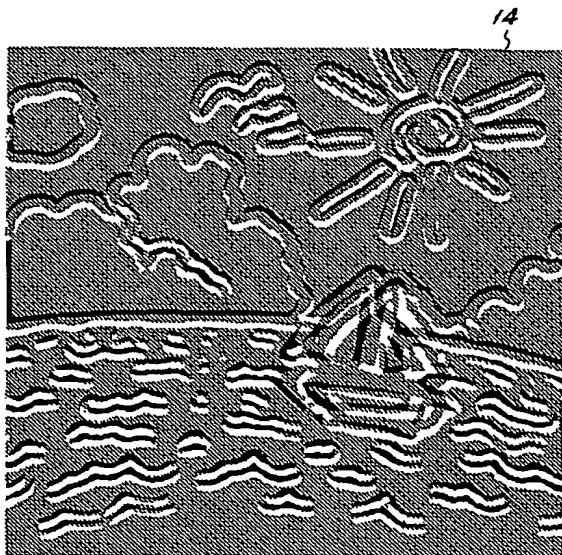
【図18】



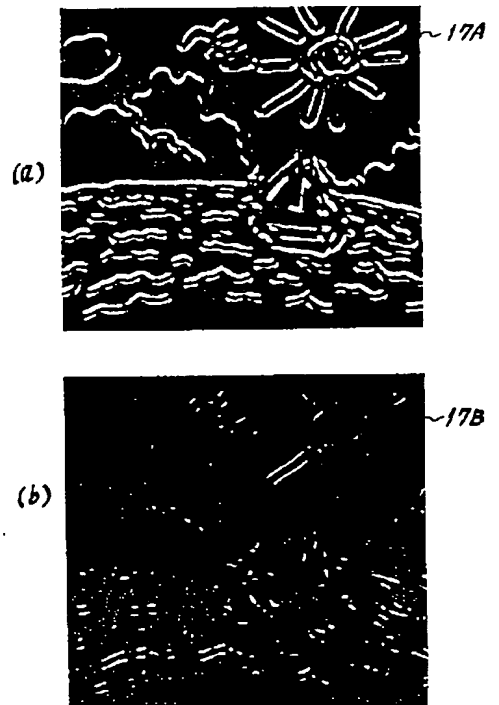
【図20】



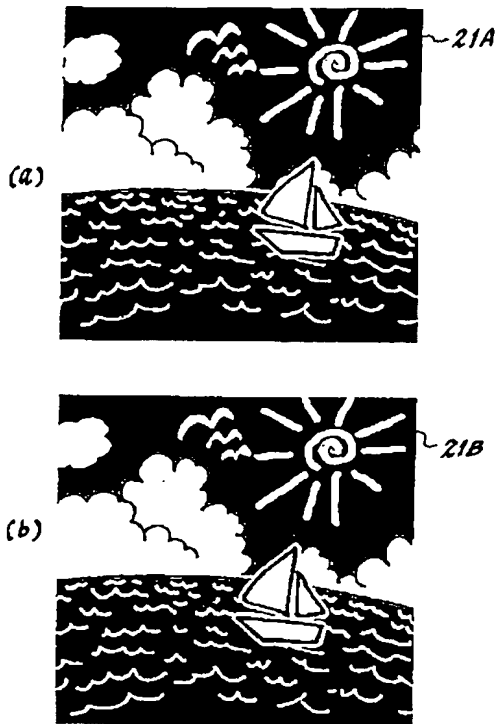
【図21】



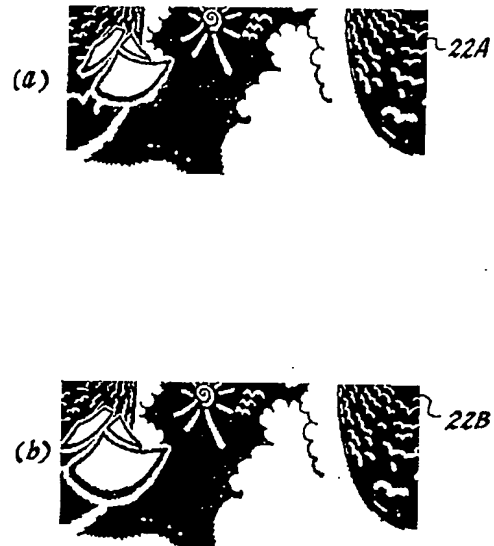
【図23】



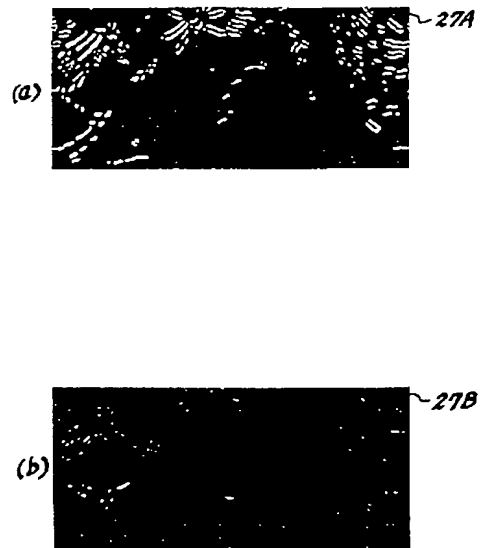
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 2 9】



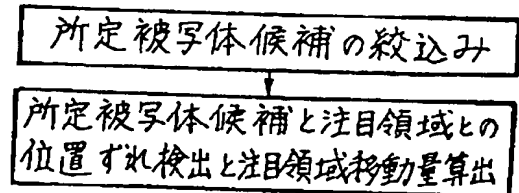
【図 2 7】



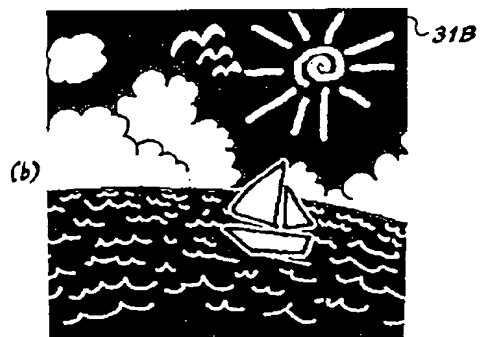
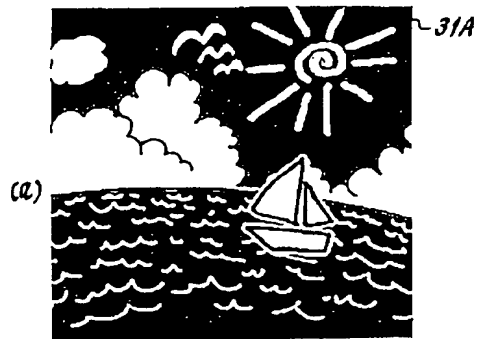
【図 3 3】



【図 3 9】



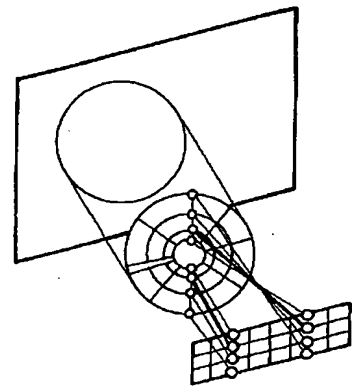
【図30】



【図31】



【図50】



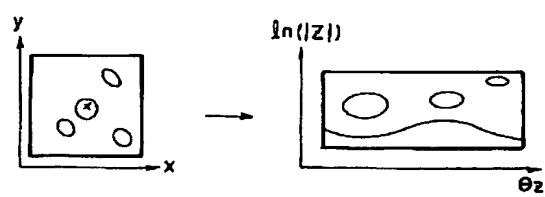
【図35】



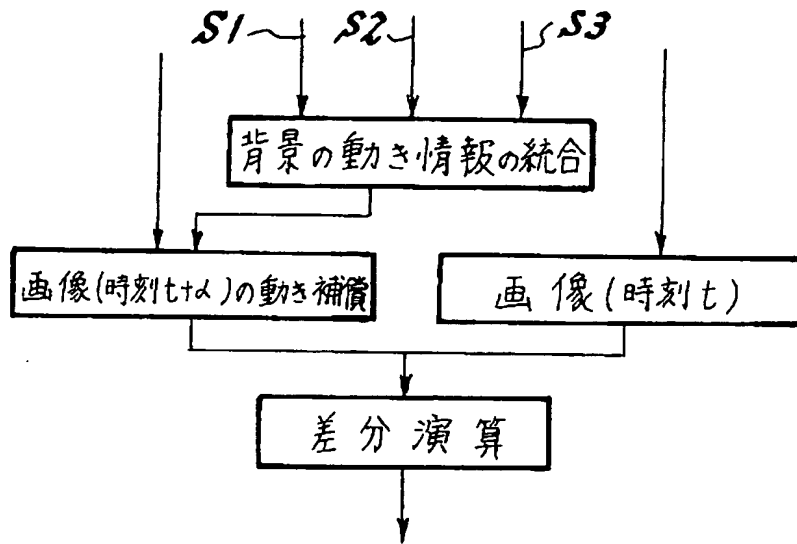
【図32】



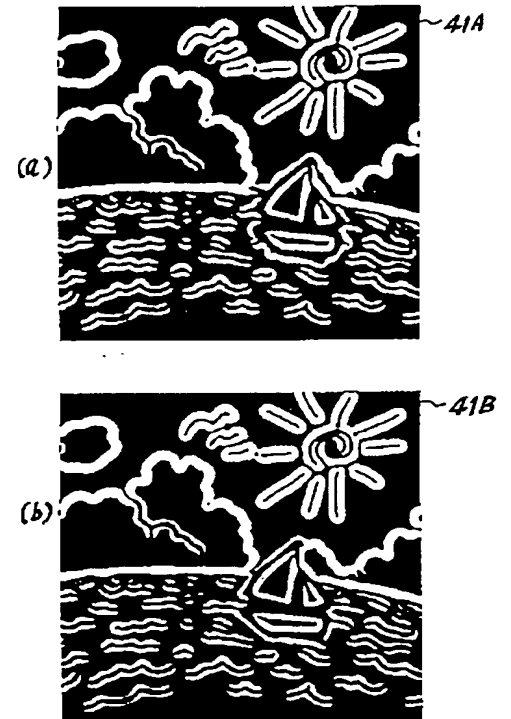
【図42】



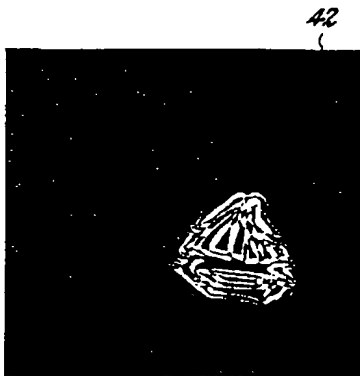
【図 3 6】



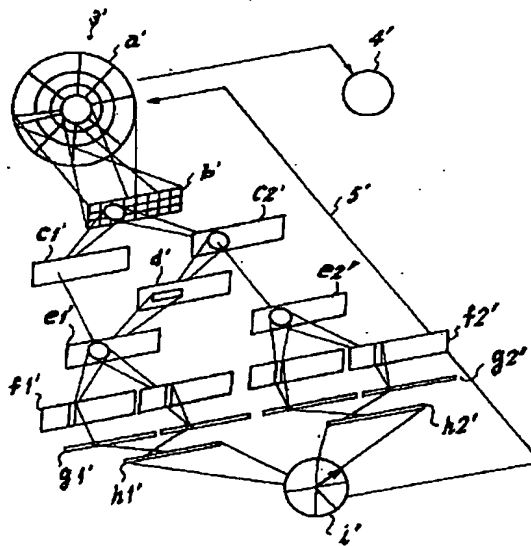
【図 3 7】



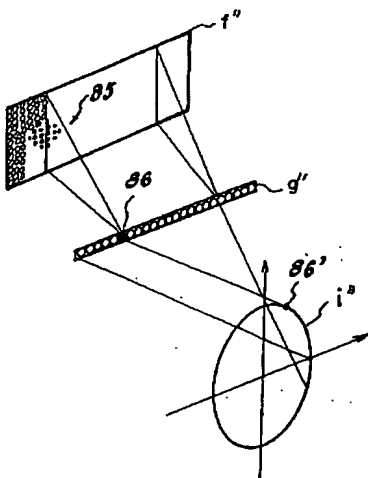
【図 3 8】



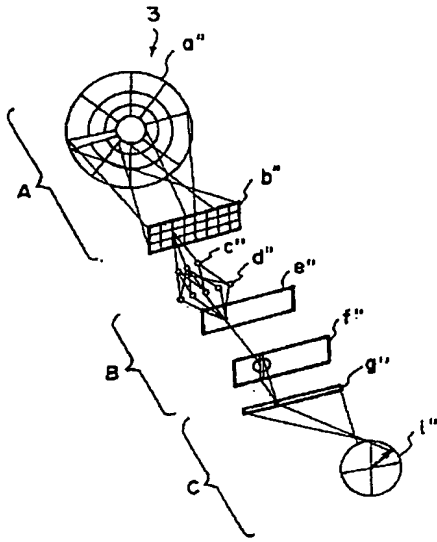
【図 4 0】



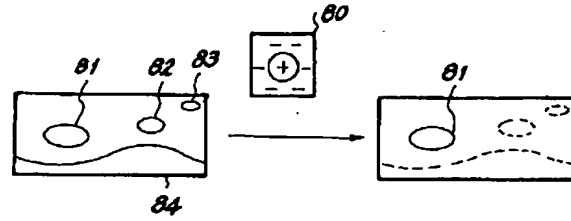
【図 4 4】



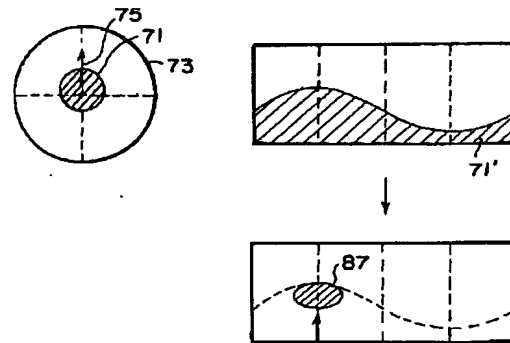
【図41】



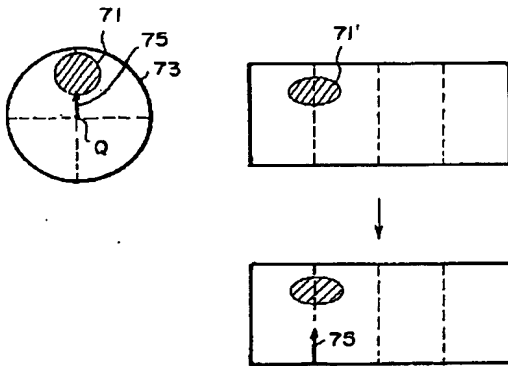
【図43】



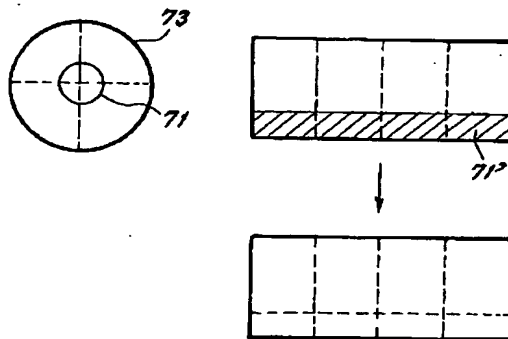
【図46】



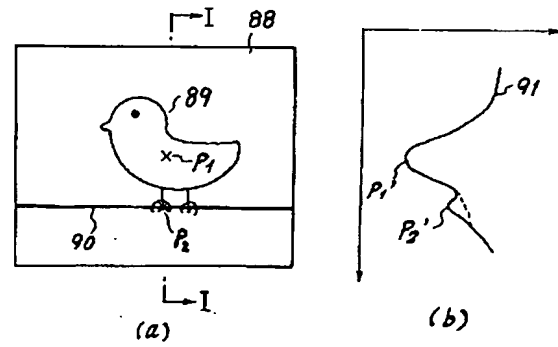
【図45】



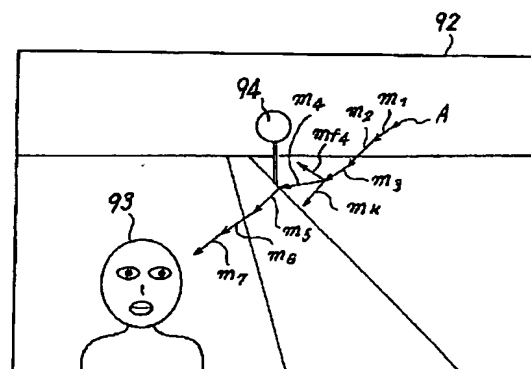
【図47】



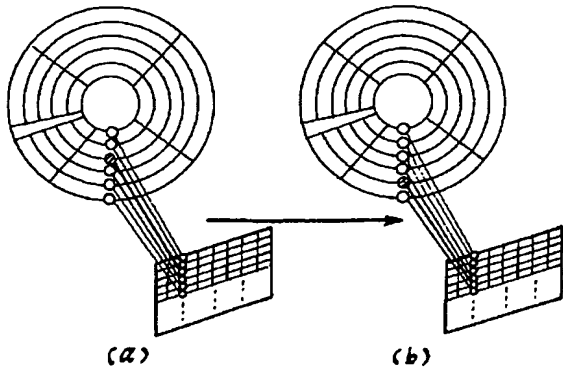
【図48】



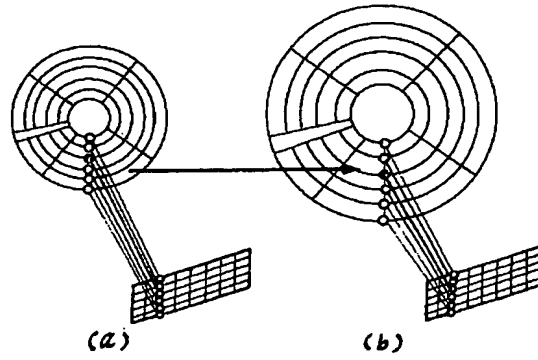
【図49】



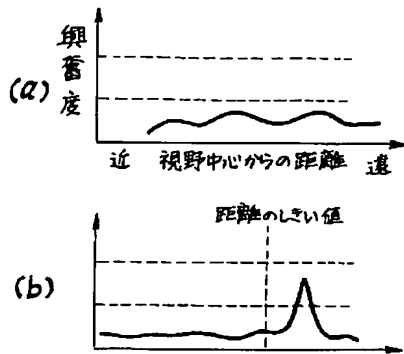
【図 5 1】



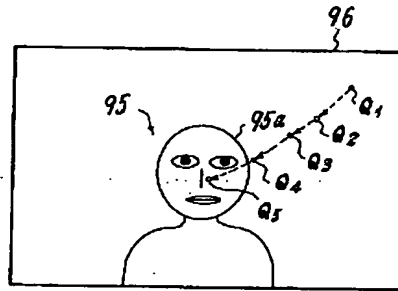
【図 5 2】



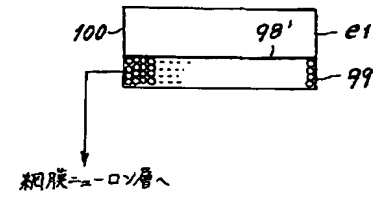
【図 5 3】



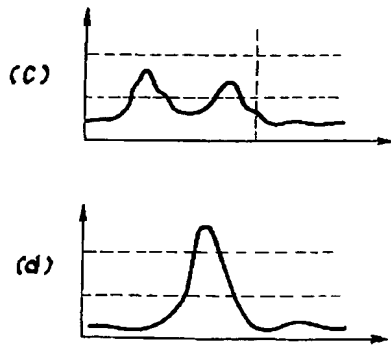
【図 5 4】



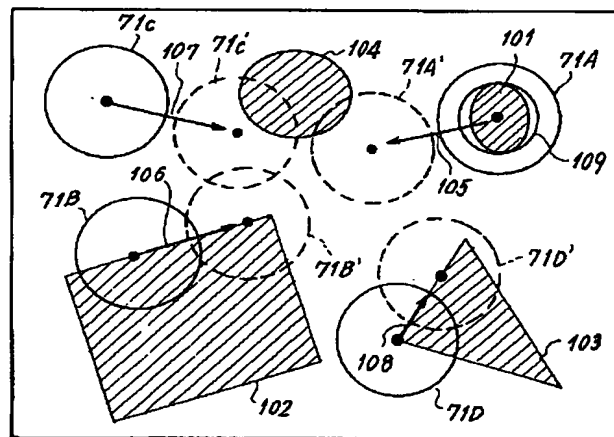
【図 5 6】



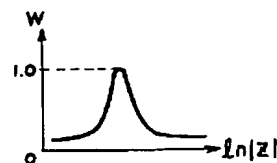
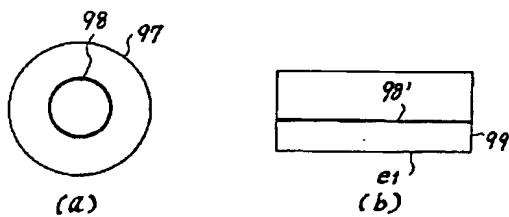
【図 5 8】



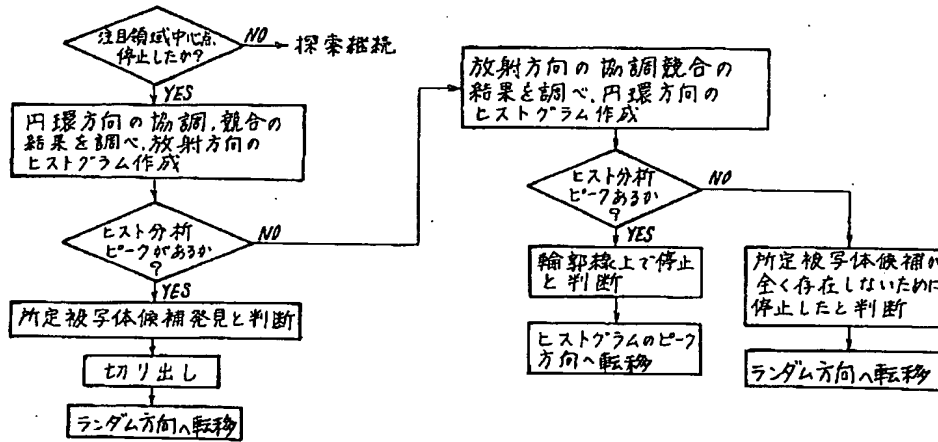
【図 5 5】



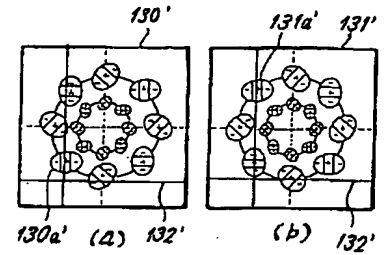
【図 7 1】



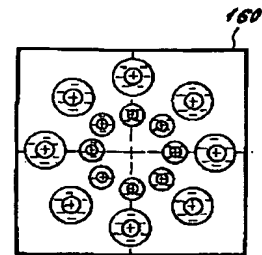
【図57】



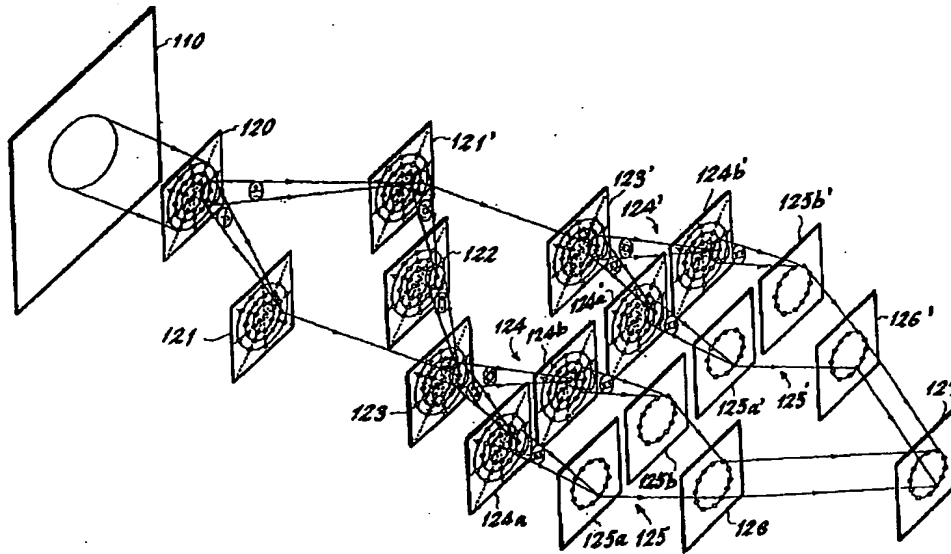
【図64】



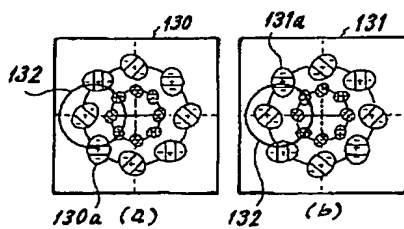
【図66】



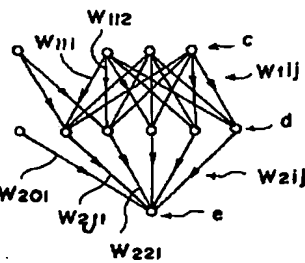
【図60】



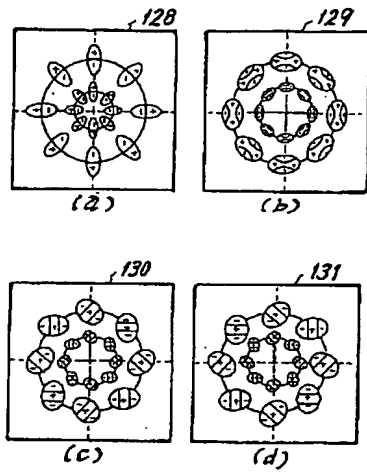
【図62】



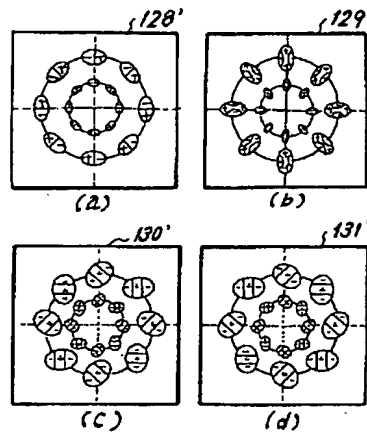
【図70】



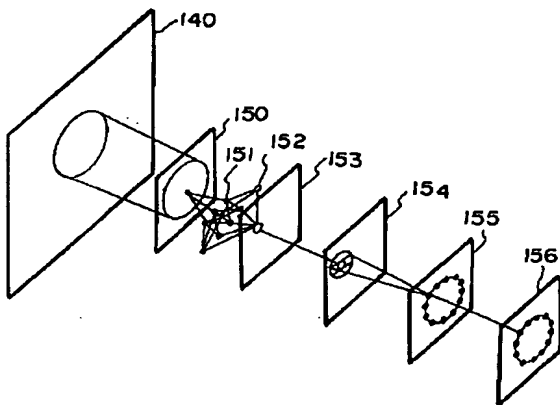
【図61】



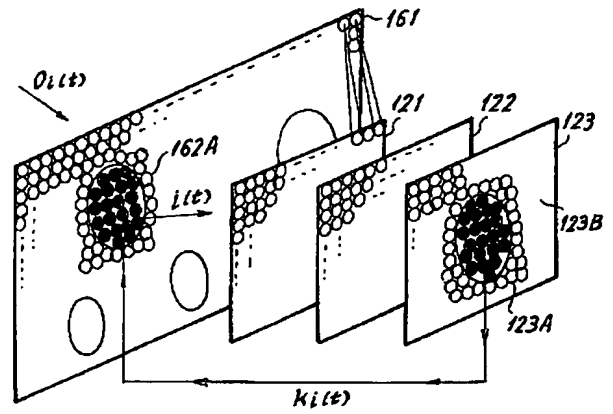
【図63】



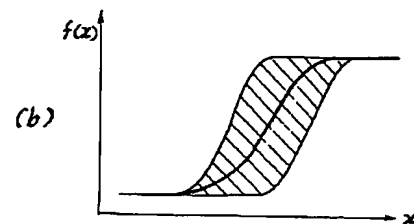
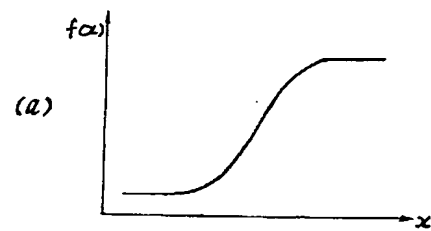
【図65】



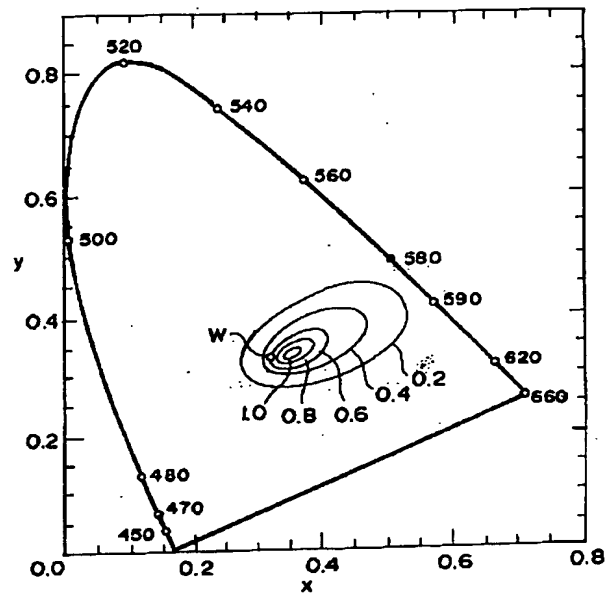
【図67】



【図68】



【図 6 9】



フロントページの続き

- (31) 優先権主張番号 特願平4-13094
- (32) 優先日 平4(1992)1月28日
- (33) 優先権主張国 日本(JP)
- (31) 優先権主張番号 特願平4-13096
- (32) 優先日 平4(1992)1月28日
- (33) 優先権主張国 日本(JP)
- (31) 優先権主張番号 特願平4-13097
- (32) 優先日 平4(1992)1月28日
- (33) 優先権主張国 日本(JP)